Paslanmaz Çelik

YASSI MAMULLER

ÜRETİMİ • KULLANIMI • STANDARTLARI

SARITAŞ
ÇELİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

SARITAŞ TEKNİK YAYIN NO: 1

2. BASKI

Yayıma Hazırlayan
Prof.Dr. Ahmet ARAN, Mehmet Ali TEMEL

Tasarım/Uygulama
Göze Reklam Ltd.

Baskı
Acar Matbaacılık A.Ş.

İstanbul, Ağustos 2004
ISBN975-92326-0-X

Bu kitaptaki yazı ve resimler kaynak gösterilerek kullanılabilir.
Verilen bilgi ve değerler sadece bilgilendirici mahiyette olup Sarıtaş'ı bağlayıcı nitelikte değilidir.

S U N U Ş

Tüm dünyada yaygın olarak kullanılmakta olan paslanmaz çelik, ülkemizde de endüstriyel toplumun her alanında kullanılmaktadır. Türkiye'de paslanmaz çelik yassı mamül üretimi yapılmamakta, bu alandaki ihtiyaçların tamamı yurt dışından karşılanmaktadır. Özellikle son yıllarda ülkemizde paslanmaz çelik sektöründe önemli gelişmeler kaydedilmektedir.

Sarıtaş Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş. kurucusu olan babam Sn. Hüseyin SARITAŞ'ın özverili çalışmaları ile 45 yılı aşkın bir süredir faliyetlerini devam ettirmektedir. 1998 yılında kurulan Türkiye'nin ilk modern Paslanmaz Çelik Servis Center'ı ile sürekli gelişen sektörümüze sağladığı katkılarını sürdürmektedir.

Sektörle ilgili bilgi üretimi ve bu bilginin paylaşımının önemini çok iyi bilen Sarıtaş, bu alanlarda da hizmet verme arzusunu sürekli pekiştirmiştir. Ülkemizde paslanmaz çelik konusunda temel ihtiyaçlara cevap verebilecek bir dökümanın eksikliği hissedilmektedir. Bu ihtiyacı karşılamayı kendi görevi olarak algılayan Sarıtaş, konu ile ilgili en iyi sonucu elde etmek için tüm imkanlarını seferber etmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi akademisyenleri ile kurulan işbirliği ve yapılan titiz araştırmalar sonucunda paslanmaz çelik yassı mamülleri hakkında bir rehber kitap hazırlanması kararlaştırılmıştır.

Babam Sn. Hüseyin Sarıtaş'ın da uzun süredir sektörümüze kazandırılmasını çok arzu ettiği bu rehber kitap sadece sanayicilerimizin temel ihtiyaçlarına cevap vermekle kalmayacak aynı zamanda üniversitede mühendislik eğitimi alan gençlerimiz için de bir kaynak olarak kullanılabilecektir.

Bir yıla yaklaşan titiz çalışmanın ürünü olan bu kitabın ortaya çıkmasında yoğun emekleri geçen Sn. Prof. Dr. Ahmet Aran'a ve tüm Sarıtaş personeline teşekkür ediyor, dökümanın kullanıcılara yararlı olmasını diliyorum.

Ercüment SARITAŞ
Yönetim Kurulu Başkanı

B İ Y O G R A F İ

Ahmet Aran 1970 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesini bitirmiş. Almanya'da Braunschweig Teknik Üniversitesinde 1 yıl süreyle Malzeme Bilimi alanında çalıştıktan sonra TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Malzeme Bölümünde 1971-1985 yılları arasında araştırmacı olarak görev yapmıştır. Bu arada 1974 yılında Massachusetts Institute of Technology'de misafir araştırıcı olarak bulunmuş, 1977 yılında Araştırma Uzmanlığına yükseltilmiş, 1979'da Kısa Ömürlü Yorulma alanında hazırladığı tez ile Doktor ünvanını kazanmıştır. 1980 yılında 6 ay süre ile Almanya Mannesmann Araştırma Enstitüsü'nde misafir araştırıcı olarak çalışmış olan ve 1983 yılında Başuzmanlığa terfi eden Ahmet Aran 1984'te Mekanik Metalurji Bilim Dalında Üniversitelerarası Kurulun Doçentlik Sınavını başarmıştır.

Ahmet Aran, Mayıs 1985 tarihinden beri İ.T.Ü. Makina Fakültesi'nde Öğretim üyesi olarak çalışmakta olup, 1990'da Profesörlüğe yükseltilmiştir. 2000-2001 akademik yılında ABD'de misafir profesör olarak görev yapan Ahmet Aran'ın 4'ü kitap olmak üzere 50'ye yakın bilimsel yayını bulunmaktadır. Evli ve 2 çocuk babası olan Ahmet Aran, Almanca ve İngilizce bilmektedir.

Ö N S Ö Z

Günümüz insanının yaşam standardında son 50 yılda sağlanan olağanüstü gelişme, büyük ölçüde yüksek kaliteli ürünlerin tasarımı ile bunların seri ve ucuz olarak üretimini sağlayan malzeme ve imalat yöntemlerinin ortaya çıkması sayesinde olmuştur. Tasarımcı ve imalatçılar her bir malzemenin özelliklerini, üstünlüklerini ve sınırlarını tanıyarak amaçladıkları tasarıma en ucuz ve en doğru olarak ulaşmak için gerekli bilgileri edinmek zorundadırlar. Demir esaslı malzemeler arasında paslanmaz çelikler, son 25 yılın kullanımı hızla yaygınlaşan çok önemli bir malzeme grubudur. Paslanmaz çeliklerin mükemmel korozyon dayanımları, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir olmaları, kolay şekillendirilebilmeleri ve estetik görünümleri bu malzemeye geniş bir kullanım alanı açmaktadır.

Bu kitap, paslanmaz çeliklerin bilinçli seçim ve kullanımına yardımcı olmak üzere hazırlanmış ve özellikle uygulayıcılara yönelik yaralı bilgiler içermesi amaçlanmıştır. Kitap, temel bilgileri öz olarak vermekte ve bunun yanında yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik türleri hakkında özellik tabloları içermektedir.

Sektörde bir ilk olan bu çalışmanın hayata geçirilmesi için gerekli araştırmaları yapıp, kitabın hazırlanması aşamasında maddi ve manevi tüm olanakları sağlayan SARITAŞ firmasına teşekkür ederim. Ayrıca kitabın belirli bölümlerinin yazımını üslenen Sn. Müh. Mehmet Ali Temel'e katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Yararlı olması dileğiyle..

İstanbul 2003
Prof.Dr. Ahmet Aran
İTÜ Makine Fakültesi

İ ç i n d e k i l e r

1

Giriş / 8-13

Genel tanıtım, paslanmaz çelik türleri, belirgin özellikleri ve
genel olarak kullanım alanları

2

Üretim Teknolojisi ve Metalurjisi /14-21

Paslanmaz çelik eldesinin kısa bir tanıtımı, çelikhane,
sıcak ve soğuk haddehane ve diğer bitirme işlemleri,
servis merkezleri

3

İç Yapı ve Temel Türleri /22-29

Demir - krom - nikel alaşım sistemi,
ferritik - martenzitik - ostenitik - dubleks - yaşlandırılabilir alaşımlar ve iç yapıları

4

Paslanlamz Çeliklerin Kullanım Özellikleri /30-35

Standart kalite paslanmaz çeliklerin kullanım özellikleri ve uygulama alanları,
ferritik - martenzitik - ostenitik - dubleks - yaşlandırılabilir alaşımlar

5

Paslanmaz Çelikler ve Korozyon /36-45

Temel korozyon tipleri ve paslanmazlık özelliği,
değişik korozyon tiplerine karşı dayanıklılık,
yüksek sıcaklıkta korozyon dayanımı

6

Paslanmaz Çeliklerle İmalat /46-57

Kesme, ısıl kesme, talaşlı kesme, soğuk ve sıcak biçimlendirme
birleştirme teknikleri (kısa giriş), ısıl işlemler

7

Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı /58-65

Genel hususlar, kaynak yöntemleri (ergitme, direnç)
Diğer konular (dikkat edilecek hususlar, kaynak sonrası işlemler)

8

Yüzey Özellikleri ve Bakım /66-71

Paslanmaz çeliğin yüzey kaliteleri,
yüzey işleme yöntemleri, yüzeyin korunması ve bakımı

9

Standartlar ve Sertifikalar /72-79

Boyutlar, toleranslar, sertifikalar ve kontrol dökümanları

10

Tablolar /80-111

Değişik ülke standartlarına göre paslanmaz çeliklerin karşılıkları ve
temel paslanmaz çelik türlerinin özellikleri

Ek

Avesta-Polarit Tabloları/112-113

Paslanmaz çelik ürün çizelgesi

giriş

1

Giriş

1

Giriş

1.1. Genel Tanıtım

Normal alaşımsız ve az alaşımlı çelikler korozif etkilere karşı dayanıklı olmadıklarından, bu tür uygulamalar için genellikle paslanmaz çeliklerin kullanılması gerekir. Paslanmaz çelikler mükemmel korozyon dayanımları yanında, değişik mekanik özelliklere sahip türlerinin bulunması, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmeleri, şekil verme kolaylığı, estetik görünümleri gibi özelliklere sahiptirler. Kullanımları giderek yaygınlaşan paslanmaz çeliklerin tüketimi, atık toplumlarda refah seviyesinin bir göstergesi sayılmaktadır. Dünyada yıl 20 milyon ton civarında paslanmaz çelik tüketilmektedir. Bunların büyük çoğunluğu yassı mamul biçimindedir .Daha az miktarlarda ise; çubuk, tel, boru , dövme parça ve döküm parça olarak kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler diğer çeliklere oranla fiyat bakımından daha pahalıdır, ancak bakımlarının ucuz ve kolay olması, uzun ömürlü olmaları, tümüyle geri kazanabilmeleri ve çevre dostu bir malzeme olmaları çok büyük avantajlar sağlar.

Dolayısıyla parçanın tüm ömrü dikkate alınarak yapılacak fiyat analizlerinde, tasarımlarda paslanmaz çelik kullanımının daha ekonomik olduğu görülür.

Paslanmaz çelikler bileşimlerinde en az %11 krom içeren bir çelik ailesidir. Bu çeliklerin yüksek korozyon dayanımını sağlayan unsur; yüzüyü kuvvetle tutunmuş, yoğun, sünek, çok ince ve saydam bir oksit tabakasının bulunmasıdır. Çok ince olan bu amorf tabaka sayesinde paslanmaz çelikler kimyasal reaksiyonlara karşı pasif davranarak indirgeyici olmayan ortamlarda korozyona karşı dayanım kazanırlar. Sözkonusu oksit tabakası, oksijen bulunan ortamlarda oluşur ve dış etkilere (aşınma, kesme veya talaşlı imalat vb.) bozulsa dahi kendini onararak eski özelliğine tekrar kavuşur.

1.2. Paslanmaz Çeliklerin Üstünlükleri

Korozyon Dayanımı

Bütün paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımı yüksektir. Düşük alaşımlı türleri atmosferik korozyona, yüksek alaşımlı türleri ise asit, alkali çözeltileri ile klorür içeren ortamlara dahi dayanıklıdır. Bu çelikler ayrıca yüksek sıcaklık ve basınçlarda da kullanılabilir.

Yüksek ve Düşük Sıcaklıklar

Bazı paslanmaz çelik türlerinde, yüksek sıcaklıklarda dahi tufallanma ve malzemenin mekanik dayanımında önemli bir düşme görülmez. Bazı türleri ise çok düşük sıcaklıklarda dahi gevrekleşmezler ve tokluklarını korurlar.

İmalat Kolaylığı

Paslanmaz çeliklerin hemen hepsi kesme, kaynak, sıcak ve soğuk şekillendirme ve talaşlı imalat işlemleri ile kolaylıkla biçimlendirilebilirler.

Mekanik Dayanım

Paslanmaz çeliklerin büyük çoğunluğu soğuk şekillendirme ile pekleşir ve dayanımın artması sayesinde tasarımlarda malzeme kalınlıkları azaltılarak parça ağırlığı ve fiyatta önemli düşüşler sağlanabilir. Bazı türlerde ise ısıl işlemler ile malzemeye çok yüksek bir dayanım kazandırmak mümkündür.

Görünüm

Paslanmaz çelikler çok farklı yüzey kalitelerinde temin edilebilirler. Bu yüzeylerin görünümü ve kalitesi, bakımı kolay olduğundan kolaylıkla uzun süreler korunabilir.

Hijyenik Özellik

Paslanmaz çeliklerin kolay temizlenebilir olması, bu malzemelerin hastahane, mutfak, gıda ve ilaç sanayinde yaygın olarak kullanılmasını sağlar.

Uzun Ömür

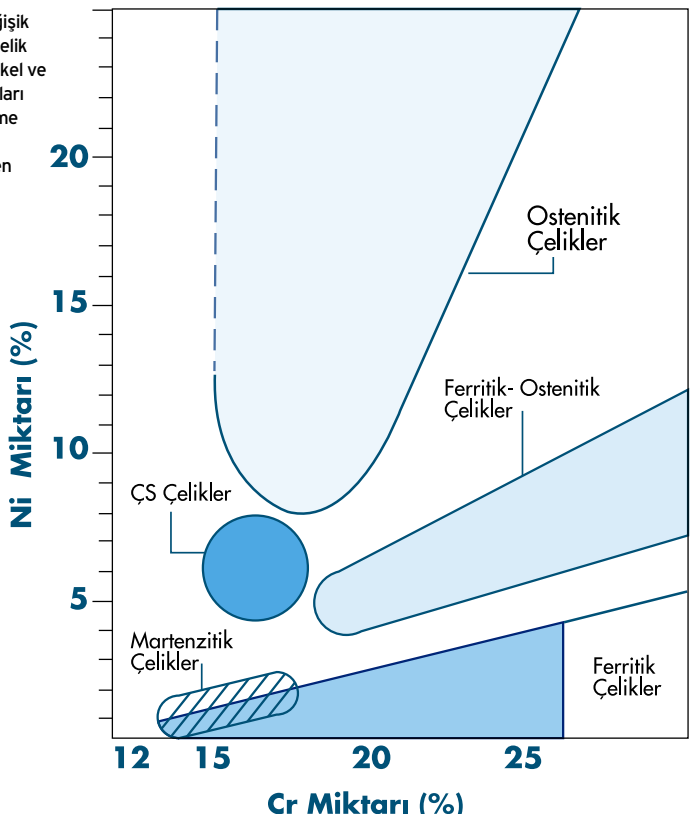
Paslanmaz çelikler dayanıklı ve bakımı kolay malzemeler olduklarından, üretilen parçanın tüm kullanım ömrü dikkate alındığında ekonomik malzemelerdir.

1.3. Paslanmaz Çelik Türleri

Paslanmaz çeliklerde kimyasal bileşim değiştirilerek farklı özelliklerde alaşımlar elde edilir. Krom miktarı yükseltilerek veya nikel ve molibden gibi alaşım elementleri katılarak korozyon dayanımı artırılabilir. Bunun dışında bakır, titanyum, aluminyum, silisyum, niyobyum, azot, kükürt ve selenyum gibi bazı elementlerle alaşımlama ile ilave olumlu etkiler sağlanabilir. Bu şekilde makine tasarımcıları ve imalatçıları değişik kullanımlar için en uygun paslanmaz çeliği seçme şansına sahip olurlar. Paslanmaz çeliklerde içyapıyı belirleyen en önemli alaşım elementleri, önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel içyapının ferritik veya ostenitik olmasını belirler. (Şekil 1.1)

Paslanmaz çelikler 5 ana grupta toplanırlar:

- Ferritik
- Martenzitik
- Ostenitik
- Ferritik-Ostenitik (dubleks)
- Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar



Şekil 1.1: Değişik paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları (Ç.S: Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen alaşımlar)

Bu gruplandırma malzemelerin içyapısına göre yapılmıştır. Bu gruplar içinde en yaygın olarak kullanılanlar ostenitik ve ferritik çelikler olup, bunların kullanımları tüm paslanmaz çelikler içinde %95'e ulaşır.

Ferritik Paslanmaz Çelikler

Bunlar düşük karbonlu ve %12 - 18 krom içeren paslanmaz çeliklerdir.

Başlıca Özellikleri:

- Orta ila iyi derecede olan korozyon dayanımı, krom miktarının artması ile iyileşir.
- Isıl işlemle dayanım artırılamaz ve sadece tavlanmış durumda kullanılır.
- Manyetiktirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür.
- Ostenitik çelikler kadar kolay şekillendirilemezler.

Bazı Kullanım Yerleri:

Mutfak gereçleri, dekoratif uygulamalar, otomobil şasi parçaları, egzoz elemanları, sıcak su tankları.

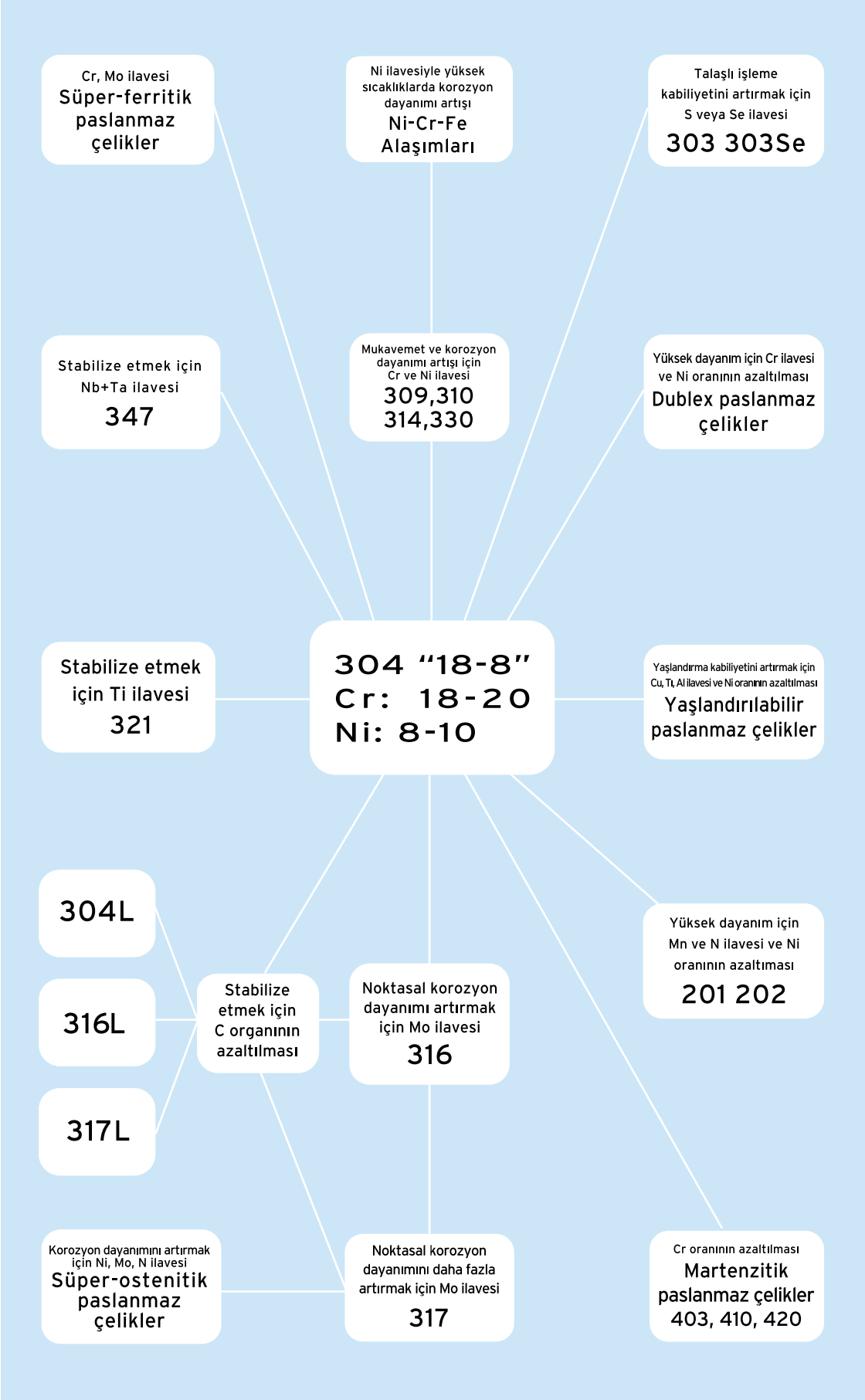
Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Karbon miktarı % 0,1 den fazla olan çelikler yüksek sıcaklıklarda ostenitik içyapıya sahiptirler. Ostenitleme sıcaklığı çeliğin türüne göre 950-1050°C arasındadır. Bu sıcaklıklarda tutulan çeliğe su verilirse martenzitik bir içyapı elde edilir. Bu şekilde elde edilen yüksek sertlik ve mekanik dayanım, karbon yüzdesi ile birlikte artar.

Ürün tipine bağlı olarak martenzitik çelikler tavlanmış veya ıslah edilmiş durumda pazara sunulur. Tavlanmış olarak satın alınan ürünler biçim verildimten sonra ıslah işlemine (suverme + temperleme) tabi tutulur. Tempeleme sıcaklığı değiştirilerek değişik özellik kombinasyonları elde edilebilir. En iyi korozyon dayanımını elde etmek için tavsiye edilen ısıl işlem sıcaklıklarına uyulması çok önemlidir.

Başlıca Özellikleri

- Orta derecede korozyon dayanımına sahiptirler.
- Isıl işlem uygulanabilir, böylece yüksek dayanım ve sertlikler elde edilebilir.



Şekil 1.2 : Paslanmaz Çelik Türleri

1.3. Paslanmaz Çelik Türleri

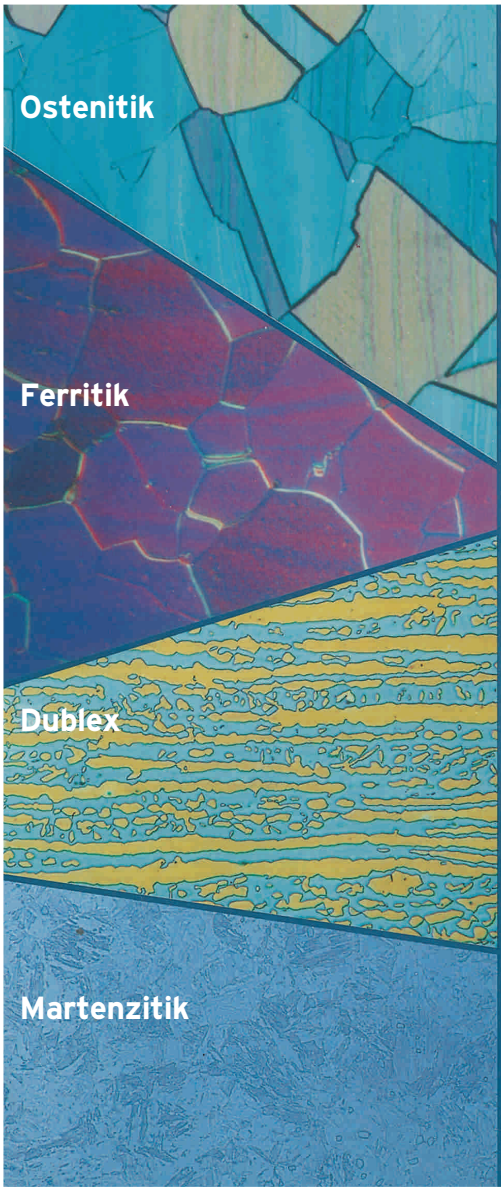
1

1.3. Paslanmaz Çelik Türleri

1

- Kaynak edilebilme kabiliyetleri düşüktür.
- Manyetiktirler.

Bazı Kullanım Alanları:
Bıçaklar, ameliyat aletleri, miller, pimler



Şekil 1.3: Bazı paslanmaz çelik türlerinin iç yapıları

Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çeliğin bileşiminde yeterince nikel bulunursa, içyapısı oda sıcaklığında dahi ostenitik olur. Ostenitik çeliklerin temel bileşimi %18 krom ve %8 nikeldir. Ostenitik paslanmaz çelikler, biçimlendirme, mekanik özellikler ve korozyon dayanımı bakımından çok uygun bir kombinasyon sunarlar. Süneklikleri, toklukları ve biçimlendirilme kabiliyetleri düşük sıcaklıklarda bile mükemmeldir. Manyetik olmayan bu çeliklere, ostenitik içyapıları dönüşüm göstermediği için normalleştirme veya sertleştirme ısıl işlemleri uygulanmaz, mekanik dayanımları ancak soğuk şekillendirme ile artırılabilir.

Toplam paslanmaz çelik üretimi içinde ostenitik çeliklerin payı % 70'tir ve aralarında en çok kullanılan 304 kalitedir.

Başlıca Özellikleri:

- Mükemmel korozyon dayanımına sahiptirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri mükemmeldir.
- Sünek olduklarından kolay şekillendirilebilirler.
- Hijyeniktirler, temizliği ve bakımı kolaydır.
- Yüksek sıcaklıklarda iyi mekanik özelliklere sahiptirler.
- Düşük sıcaklıklarda mekanik özellikleri mükemmeldir.
- Manyetik değildirler.(tavlanmış halde)
- Dayanımları sadece pekleşme ile artırılabilir.

Bazı Kullanım Alanları:
Makina ve imalat sanayinde çeşitli uygulamalar, asansörler, bina ve dış cephe kaplamaları, mimari uygulamalar, gıda işleme ekipmanları, mutfak gereçleri, kimya tesisleri ve ekipmanları, bilgisayar klavye yayları, mutfak evyeleri.

Ostenitik-Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Bunlar, yüksek oranda krom (%18-28) ve orta miktarda nikel (%4,5-8) içeren çeliklerdir. Nikel miktarı en çok %8 olup, bütün içyapının ostenitik olması için yetersizdir. Ferrit ve ostenit fazlarından oluşan içyapı nedeniyle çelikler dubleks olarak adlandırılır. Dubleks çeliklerin çoğunluğu %2,5-4 molibden içerir. Bunlar hem iyi mukavemet hem de iyi süneklik özelliklerini birlikte sağlarlar. Ayrıca korozif ortamlarda dahi çok uygun yorulma dayanımları vardır. Tavsiyelere dikkat ederek uygulanması halinde kaynak yapılması kolaydır. Genellikle kimyasal aparat imalatında, artma tesislerinde ve deniz veya off-shore teknolojisinde kullanılır.

Başlıca Özellikleri:

- Gerilmeli korozyona karşı yüksek dayanıklılığa sahiptirler.
- Klor iyonunun bulunmadığı ortamlarda daha yüksek korozif dayanım gösterirler.
- Ostenitik ve ferritik çeliklerden daha yüksek mekanik dayanım sağlarlar.
- İyi kaynak edilebilirlik ve şekil alma kabiliyeti vardır.

Bazı Kullanım Alanları:

Deniz ve tuzlu su ortamında, özellikte orta sıcaklıklarda, ısı değiştiricilerinde, petrokimya tesislerinde.

Çökelme sertleşmesi (yaşlandırma) uygulanabilir paslanmaz çelikler

Bunların ana içyapıları ostenitik, yarı-ostenitik veya martenzitik olabilir. Çökelme olayını gerçekleştirebilmek için bazen önce soğuk şekil vermek gerekebilir. Çökelti oluşumu için aluminyum, titanyum, niyobyum ve bakır elementleri ile alaşımlama yapılır. Bu sayede mukavemetleri 1700 MP'a kadar çıkan paslanmaz çelikler elde edilebilir. Piyasada çözme tavı görmüş halde satılır; Malzeme bu durumda yumuşak olup, imalat işlemleri uygulanabilir ve daha sonra tek kademeli bir düşük sıcaklık yaşlandırması ile sertleştirilebilir.

Başlıca Özellikleri:

- Orta ila iyi derecede korozyon dayanımı vardır.
- Çok yüksek mekanik dayanım gösterirler.
- Kaynak edilebilme kabiliyetleri iyidir
- Manyetiktirler.

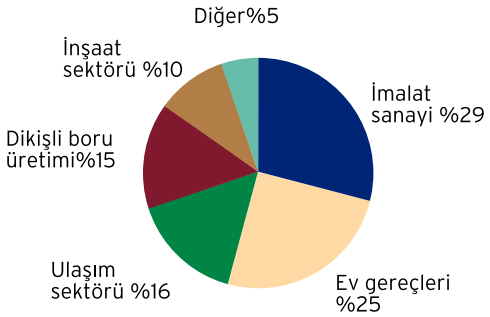
Bazı Kullanım Alanları:

Pompa ve vana şaftları.

1.4. Genel Kullanım Alanları

Paslanmaz çeliğin çok değişik kalite ve özelliklerde temin edilebiliyor olması, bunların kullanımını da sürekli olarak yaygınlaştırmaktadır. Günümüzde artık ziynet eşyasından büyük sanayi tesislerine kadar uzanan geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Günlük hayatımızda kullandığımız pek çok ürün bugün paslanmaz çelikten yapılmaktadır. Paslanmaz çelik hemen her gün kullandığımız bir mutfak aleti olarak karşımıza çıktığı gibi, gezinti yaptığımız bir meydanda beğenimizi kazanan bir sanat eseri şeklinde de kendini gösterebilir. Büyük bir kimya tesisinin hemen her yerinde gördüğümüz bu malzeme güzel bir gökdelenin duvarlarını kaplayan dekoratif bir malzeme olarak da kullanılabilir. Keyif duyduğumuz bir alışveriş merkezinde pek çok detayda dikkatimizi çeken paslanmaz çelik, gerçekte hiçbir zaman görmediğimiz yerlerde bizim konforumuzu ve güvenliğimizi sağlayan endüstriyel ürünlerde de yaygın olarak kullanılabilmektedir.

Paslanmaz çeliğin nerelerde hangi oranda kullanıldığı, ülkelerin ekonomisi hakkında doğrudan bilgi veren bir gösterge niteliğini de taşımaktadır. Kullanım oranının bireysel tüketim ürünlerinde fazla olması genellikle zayıf ekonomilere sahip ülkelerde görülür. Enerji, makine imalat ve ulaşım sektörlerinde kullanımın artması ekonomik yapının kuvvetli olduğunu gösterir. Aşağıdaki grafik 2002 yılında Dünya paslanmaz çelik tüketiminin oransal dağılımı hakkında bir fikir vermektedir.



Şekil 1.4 : 2002 yılı paslanmaz çelik tüketimi

üretim

2

Üretim Teknolojisi ve Servis Merkezleri

2

Üretim Teknolojisi ve Servis Merkezleri

2.1. Üretim Teknolojisi

Paslanmaz çelik üretimi büyük yatırım ve uzmanlık gerektiren bir teknolojidir. Bu çeliklerin ergitme ve arıtma işlemleri genellikle "Elektrik ark ocağı/Argon oksijen karbon giderme" yöntemleriyle yapılır (EAF/AOD: Electric Arc Furnace/ Argon Oxygen Decarburization). 1970'li yıllarda geliştirilen ve dünyada paslanmaz çelik üretiminin %80'inin gerçekleşirildiği yöntem sayesinde, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve kalitenin yükseltilmesi mümkün olmuştur. Daha farklı üretim teknikleri de mevcut olmasına rağmen, bu bölümde sadece EAF/AOD yöntemi ana hatlarıyla açıklanacaktır.

Çelikhane (Ergitme/Arıtma)

Ergitme işleminin yapılacağı bazik astarlı elektrik ark ocağına uygun paslanmaz çelik hurdası, karbon çelik hurdası, ferrokrom alaşımları ve gerektiğinde nikel ve molibden gibi alaşım elementleri yüklenir. Dikkatlice tartılan ve özel kasalarda çelikhaneye taşınan malzemeler, ergitme ocağına konmadan önce belirli bir süre kurutma fırınında tutulur. Ardından malzemeler alaşımlanmanın yapıldığı elektrik ark ocağında ergitilir.

Bu üretimde en önemli adım "Argon Oksijen Karbür Gidericisi"nde yapılan işlemdir (AOD). Burada paslanmaz çelk, adım adım istenen kimyasal bileşime ulaştırılır. Önce oksijen ve argon gazları eriyiğe yan memelerden ve üstten üflenir. Bu aşamada alaşımın bileşimindeki karbon yakılarak gerekiyorsa %0,02'ye kadar düşürülebilir. Krom oksitlenmeye hassas olduğundan, bu sırada bileşimdeki kromun bir kısmı da cürufa geçer. Bu nedenle alaşıma kromun katılması büyük oranda karbür gidermenin tamamlanmasından sonra yapılır. Üçüncü aşamada ise alaşımdaki kükürt oranı düşürülür.

Bileşim ve sıcaklık istenilen seviyeye ulaştığında, eriyik döküm potasına aktarılır ve son ayarlamalar yapılır. Bu aşamada da alaşıma bazı elementler ilave edilir ve eriyiğin homojenleştirilmesi argon gazı üflenerek sağlanır.

Sürekli Döküm

Hazırlanan alaşım potadan bir tava aracılığıyla katılaşmanın başladığı su soğutmalı bir bakır kalıp içine dökülür. Katılaşan yassı kütük (slab), bükme ve düzeltme merdanelerinin bulunduğu kısma aktarılır ve bu işlem sonunda malzeme alev ile istenen boya kesilir.Bu teknoloji ile çeliğin slab halinde kesintisiz olarak dökülmesi mümkündür.

Taşlama

Döküm sırasında slab yüzeylerinde çeşitli kusurlar ortaya çıkabilir. Bekletilerek soğutulan yassı kütüklerin yüzey kusurları değişik ebatlardaki taşlama tezgahlarında yerel olarak veya yüzey tamamen taşlanarak giderilir.

Sıcak Haddeleme

Sıcak haddeleme öncesinde ilk işlem yassı kütüklerin konveyörlü fırında ve koruyucu atmosferde 1250˚C sıcaklığa ısıtılmasıdır. Kaba haddeleme ile malzeme kalınlığı yaklaşık 25mm'ye indirilir. Bu işlem sonrası malzemenin sıcaklığı 1100˚C civarındadır.

Şekil 2.1 : Çelikhane

Kaba haddeleme sonucunda uzunluğu artan yassı ürün, bobin halinde sarılır ve ileri-geri haddeleme işlemleri ile malzeme kademeli olarak inceltilir. Rulo sarıcılar 950°C sıcaklıkta bulunan özel fırınlar içine yerleştirilmişlerdir. Dörtlü ve altılı merdane grupları yardımıyla yapılan bu haddelemede kalınlık hassas olarak kontrol edilir. Malzemenin istenilen kalınlığa ulaştığı son pasodan sonra sıcak sac bir soğutucu içinden geçirilerek rulo sarıcıya beslenir. Paslanmaz çeliklerin sıcak haddeleme sonrasında pazarlandıkları enderdir, dolayısıyla sıcak haddelenmiş bu yarı mamul genellikle bir sonraki işlemler dizisi için soğuk haddeleme ünitesine aktarılır.

Tavlama ve Asit Banyosu

Sıcak haddeleme sonrasındaki yapılan ilk işlemler: malzemenin kontrolü, küçük rulolarda sarılı olan malzemelerin uçlarından kaynakla birleştirilerek daha büyük ruloların oluşturulması ve gerekirse şerit kenarlarının tıraşlanarak tesviyesidir.

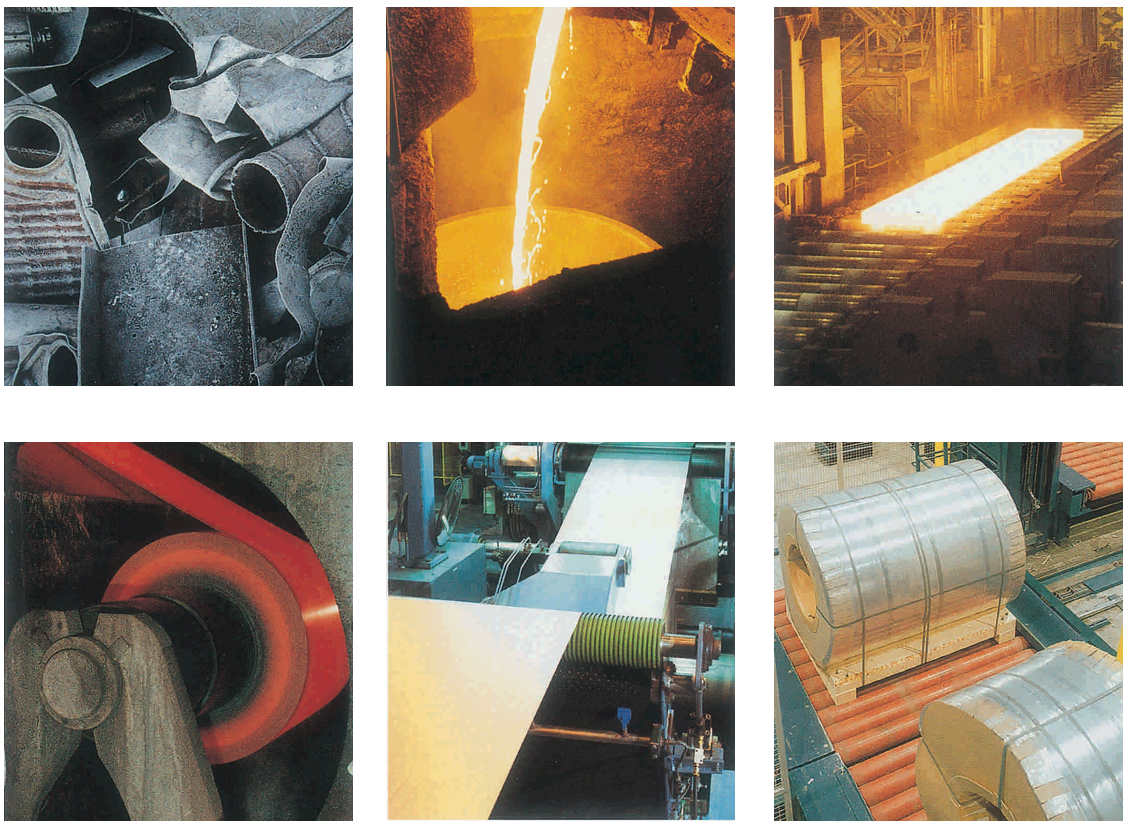
Ardından; tavlama ısıl işlemi ile çeliğin yumuşatılması ve iç yapısının homojenleştirilmesi, asit banyosu ile yüzeylerin temizlenmesi işlemleri gerçekleştirilir.

Bu işlemler ardışık sürekli hatlar üstünde yapılır. Bu hatlar üstünde fırınlar, kumlama ve asit banyosu üniteleri mevcuttur. Asit banyosunda malzeme yüzeyinin temizlenmesi ve istenen yüzey özelliklerinin kazandırılması işlemi, soğuk haddeleme öncesinde olduğu gibi, sıcak haddelenmiş olarak satışa sunulacak malzeme üzerinde de uygulanır.

Soğuk haddeleme öncesinde yapılan en son işlem, sıcak haddeleme ve diğer işlemlerden kalma yüzey kusurlarının taşlama hattında giderilmesidir. Ayrıca, satışa sunulacak sıcak haddelenmiş bu ürünün müşteri istekleri doğrultusunda yüzey özelliklerini kazandırmak üzere parlatılması da yapılabilir.

Soğuk Haddeleme ve Son İşlemler

Soğuk haddeleme sürecinde paslanmaz çelik sac, ileri-geri hareket özelliğine sahip hadde tezgahında birbiri ardına uygulanan pasolar ile inceltilerek, kalınlıkta %80'e varan azalmalar sağlanabilir. Haddelenmeye devam etmek, yani parçayı daha fazla inceltmek gerekiyorsa, bir ara tav yapılması, yüzeyin tekrar asit banyosunda



Şekil 2.2 : Üretim aşamalarından bazı görüntüler

Şekil 2.3 : Genel üretim akışı

2.1. Üretim Teknolojisi

2

temizlenmesi ve ancak daha sonra yeniden haddelemeye devam edilmesi gerekir. Soğuk haddelenme tamamlandığında, sıcak haddelemede olduğu gibi yeniden tavlama ve asit banyosu işlemleri gerekir. Asit banyosunu takiben ikili merdane düzenine sahip bir tezgahta çok küçük bir paso ile son haddeleme işlemi yapılır. Burada amaç şeridin yassılığını ve yüzey özelliklerini istenen seviyeye getirmektir. Bazı türlerde, özellikle 0,5-2,0 mm gibi saclarda özel tezgahlarda gerdirmeli kalınlık ayarı(tension leveling) yapılarak kalite daha da iyileştirilir. Satışa sunulan paslanmaz çelik, rulo halinde veya servis merkezlerinden özel tezgahlarda dar boyut toleranslarında, istenen boy ve genişlikte kesilmiş/dilinmiş olarak temin edilebilir. Servis merkezleri aynı zamanda talep edilen yüzey kalitesini de sağlamak üzere özel tezgahlarla donatılmışlardır.

2.2 Servis Merkezleri

Dünyada paslanmaz çelik tüketimi ve bu çeliğin kullanım alanı sürekli bir artış göstermektedir. Paslanmaz çeliğin tüketimi; uygulama alanları dikkate alındığında, çok küçük miktarlardan büyük tonajlara çok geniş bir aralıkta gerçekleşmektedir. Öte yandan uygulama alanının fazlalığı ve bu ailenin sahip olduğu geniş ürün yelpazesi; paslanmaz çelik ticaretini, klasik satış işleminin ötesine, bir hizmet olgusu ile güçlendirilmiş pazarlama işlevine dönüştürmektedir.

Tüketicinin bu denli yoğun hizmet ihtiyacını üretici firmaların doğrudan karşılaması artık mümkün olmamaktadır. Bu nedenle paslanmaz çeligin üretiminden tüketimine kadar olan süreçte,"Servis Merkezi" olarak adlandırılan bir ara kademe oluşmuştur. Böylece üretici firmalar daha çok üretim fonksiyonuna yoğunlaşmakta, standart ebat ve kalitelerde üretimlerle, üretim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedirler.

Öte yandan paslanmaz çeliklere üretim sonrasında dekoratif uygulamalar amacı ile çeşitli yüzey özellikleri kazandırmak da mümkün olmaktadır. Üretim teknolojisinden tamamen ayrı olan bu işlemler özel merkezlerde gerçekleştirilmektedir. Paslanmaz çelikler standart genişliklerde rulo olarak üretilirler. Bu üretimde genişlik, genellikle standart ölçüden daha büyük gerçekleştirilir. Örneğin 1000mm. standart genişlikte üretilecek bir rulo için üretim sonrasındaki genişlik 1050 mm. olabilir. Bu malzeme " Mill Edge" olarak tanımlanır. Üretilen rulo daha sonra dilme hatlarında standart boyutlara düşürülür.

Paslanmaz çeliğin üretiminde piyasada kabul gören standart genişlikler 1000 mm., 1250mm., 1500 mm. ve 2000 mm. dir. Levha halindeki paslanmaz çeliklerde ise boy standartları ise 2000 mm., 2500 mm. 3000 mm., 4000 mm. ve 6000 mm. şeklindedir.

Standart ebatlarda üretilen paslanmaz çeliğin kullanımında çoğunlukla özem ebatlara ihtiyaç duyulmakta, ancak bu işlemler ise genellikle paslanmaz çelik üreticileri tarafından gerçekleştirilmemektedir. Bundaki temel neden üreticilerin kullanıcılara olan coğrafi uzaklıkları ve kendilerini üretim proseslerinde yoğunlaştırmalarıdır. Dolayısıyla üretici firmalar tarafından standart ebat ve yüzey kalitelerinde üretilen paslanmaz çeliklerin tüketicinin ihtiyacı doğrultusunda boyutlandırılması ve yüzey işlemlerinin yapılması Servis Merkezleri tarafından sağlanmaktadır.

Servis Merkezleri, müşterinin malzeme üzerindeki bu fiziksel beklentilerini karşılamanın yanında onlara bir çözüm ortağı olarak da hizmet verebilmektedir. Böylece pek çok proje, ortak çalışmalarla daha etkin olarak hayata geçirilebilmektedir. Klasik bir Servis Merkezinde Boy Kesme, Dilme, Yüzey Taşlama ve Fırçalama işlemlerini yapacak özel üretim hatları bulunur. Bunun yanında plazma kesme, lazer kesme gibi imkanlar da sunulabilmektedir.

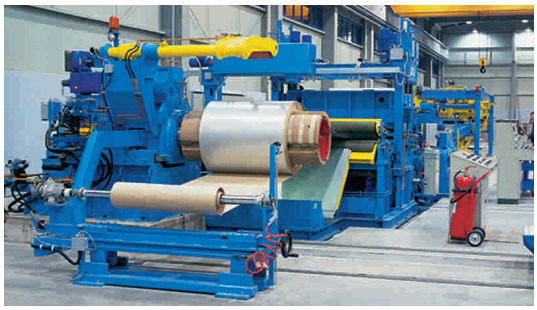
Paslanmaz çelik servis merkezleri çalışmanın sanayiciler açısından yararı vardır:

- Servis merkezlerinde kalite ve boyut geniş bir stok bulunur ve gerek duyulan malzeme en kısa sürede temin edilir.
- Servis merkezleri en uygun ekonomik malzemenin seçimi konusunda ve çıkan sorunların çözümünde destek sağlarlar.
- Servis merkezlerinde var olan, boy kesme, dilme, zımparalama, taşlama ve koruyucu film kaplama gibi olanaklar sayesinde, istenilen boy, kalınlık yüzey özelliklerine sahip ürünler hazırlanabilir.

• Kalitesi sertifikalarla garanti edilmiş ürünler satın alınabilir.
• Satın alınan ürünlerle ilgili en uygun ambalaj ve sevk koşulları sağlanır.

Boy Kesme İşlemi

Servis Merkezlerinde bugün için verilen en önemli hizmet, üretici firmalardan temin edilen ruloların müşterinin ihtiyacı doğrultusunda levhalar haline dönüştürülmesi ve istenilen boylarda kesilmesidir. Günümüzde tamamen PLC kontrollü olarak tasarlanan özel üretim hatları ile bu işlemler artık çok hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Boy kesme hatları esas olarak bir rulo açıcı, düzeltici, giyotin ve istifleme ünitesinden oluşmaktadır. Bunlara ilave olarak kağıt sarıcı, kağıt verici, plastik koruyucu film uygulama ünitesi gibi donanımlar da mevcuttur.

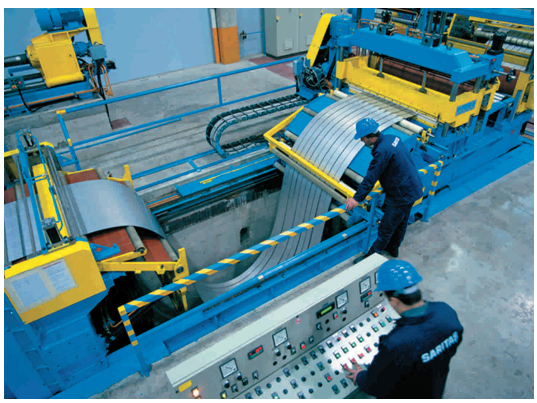


Şekil 2.4 : Boy kesme hattı

Paslanmaz çelikler için kullanılan boy kesme hatları normal karbon çelikler için kullanılanlara şekil olarak bir benzerlik gösterse de, önemli farklılıklar içermektedir. Bu farklılık öncelikle malzeme yüzeyinin korunmasına gösterilen özende yatar.
Bu nedenle bu hatlarda bulunan merdaneler ya özel kauçuk veya poliüretan malzemelerle kaplı, ya da krom kaplı yüzeylere sahiptirler. Ayrıca istifleme ünitesinin de malzemeyi çizmeyecek şekilde dizayn edilmiş olması gerekmektedir. Bir boy kesme hattının en hassas bölümlerinden biri, düzeltme işleminin yapıldığı ünitedir. Bu hatlarda straightener, flattener veya leveler adı verilen üniteler yer alabilir. Bunlar içerisinde leveler ünitesi en hassas düzeltme işlemini yapanıdır. Leveler, işlenecek malzemenin kalınlığına göre özel olarak dizayn edilmiş ve üretilmiştir. Leveler ayrıca düzeltme esnasında paslanmaz çelikte üretim sonrasında var olan iç gerilmeleri giderici bir işlemi de uygular. Leveler üniteleri kendi aralarında dört ve altı kademeli olarak iki ayrı tipe sahiptirler. Altı kademeli leveler genellikle 6 mm. ve altındaki soğuk çekme malzemeler için ideal bir düzeltme imkanı sunar. Dört kademeli leveler ise 6-13 mm. kalınlık aralığındaki ve daha ziyade sıcak çekme malzemeler için tercih edilirler. Kesim işleminin yapıldığı giyotin de diğer önemli bir ünitedir. Bu giyotin günümüzde uçar-makas veya dönel-makas olmak üzere iki ayrı tipte olabilir.
Paslanmaz çeligin boy kesme hatlarında kesilmesi esnasında süreklilik önemli bir unsurdur. Zira her duruşunda düzeltme işlemini sağlayan leveler, malzeme üzerinde bazı izlerin kalmasına neden olabilir. Bu nedenle paslanmaz çelik boy kesme hatlarında kesim işlemi bu özel makaslar yardımı ile yapılır.

Dilme İşlemi

Servis Merkezlerinin sunduğu bir diğer hizmet de standart genişliklerde üretilen malzemelerin ihtiyaç duyulan ene düşürülmesidir. Dilme hatları genellikle bir açıcı, kesme ünitesi, gergi ünitesi ve sarıcıdan oluşmaktadır. Yine bu hatlarda kağıt sarıcı, kağıt verici ve plastik film uygulama üniteleri de bulunmaktadır. Bu hatlar da yine paslanmaz çeliğin yüzeyinin korunması için özel dizaynlara sahiptirler. Merdaneler yine genellikle kauçuk esaslı veya poliüretan malzemelerle kaplıdır. Dilme işleminde dairesel bıçaklar kullanılır. Kalınlıkları son derecede hassas olarak işlenmiş olan ara parçalar yardımı ile dilme işlemi sonrasında şerit genişliklerinin çok hassas olarak elde edilmesi mümkün olmaktadır. Özellikle kalıp kullanılan imalat prosesleri için malzemenin boyut hassasiyeti önemli avantajlar sağlarlar.



Şekil 2.5 : Dilme hattı

Taşlama ve Fırçalama İşlemleri

Paslanmaz çelikler günümüzde dekoratif uygulamalar için de yaygın olarak kulanılmaktadır. Kullanım alanlarına örnek olarak, asansör kapı ve kabinleri, bina dış cephe kaplamaları, sütun giydirmeleri ve mutfak ekipmanları (buzdolabı, fırın vb) verilebilir. Ancak bu tür uygulamalarda standart özelliklerde üretilen paslanmaz çeliklerin sahip oldukları yüzeyler yeterli kalitede bir görünüm sağlayamamaktadır. Bu nedenle paslanmaz çeliklere taşlama ve fırçalama gibi işlemlerle farklı yüzey görünümleri kazandırılabilir.

Taşlama, daha çok ostenitik çelikler için uygulanan bir yüzey işlemidir. Bu işlemlerde ıslak ve kuru olmak üzere iki temel proses uygulanabilmektedir. Islak prosesler de kendi içinde kullanılan sıvıya göre farklılıklar göstermektedir. Taşlama işlemi temel olarak malzemenin belirli bir hızla hareketi esnasında yüzeyinin geniş bir zımpara ile üniform bir şekilde zımparalanması işlemidir. Bu işlemi yapan üretim hatlarında genellikle iki taşlama kafası bulunur. Böylece farklı değerlerdeki zımparalar kullanılarak değişik yüzeyler elde edilebilir.

Kullanılacak zımparaların aşındırıcılarının demir içermemesi gerekmektedir. Paslanmaz çeliklerin taşlanmasında kullanılan zımparalar genellikle alüminyum oksit, silisyum karbür veya zirkonyum esaslı aşındırıcılara sahiptir. Alüminyum oksit zımparalar kırmızı renkli, silisyum karbür zımparalar ise siyah renkli olarak bilinir. Alüminyum oksit zımparalar daha mat bir yüzey sağlarken silisyum karbür zımparalarla daha parlak bir yüzey elde etmek mümkündür. Ancak silisyum karbür zımparalarla yapılan taşlama işlemlerinin maliyeti daha fazladır.

Zımparaların ek yerlerinin düzgünlüğü ve bir zımparadaki ek yeri sayısının azlığı zımparalama kalitesine etki eden önemli faktörlerdir. Zımparalama işlemi için tercih edilen aşındırıcı numaraları ise 100-320 grid arasındadır.

Taşlama işleminde, zımpara tipi, zımpara dönüş hızı, malzeme ilerleme hızı ve zımpara ile yüzey arasındaki sürtünme kuvveti değişik değerlere getirilerek farklı amaçlar için farklı yüzeyler elde edilebilir.

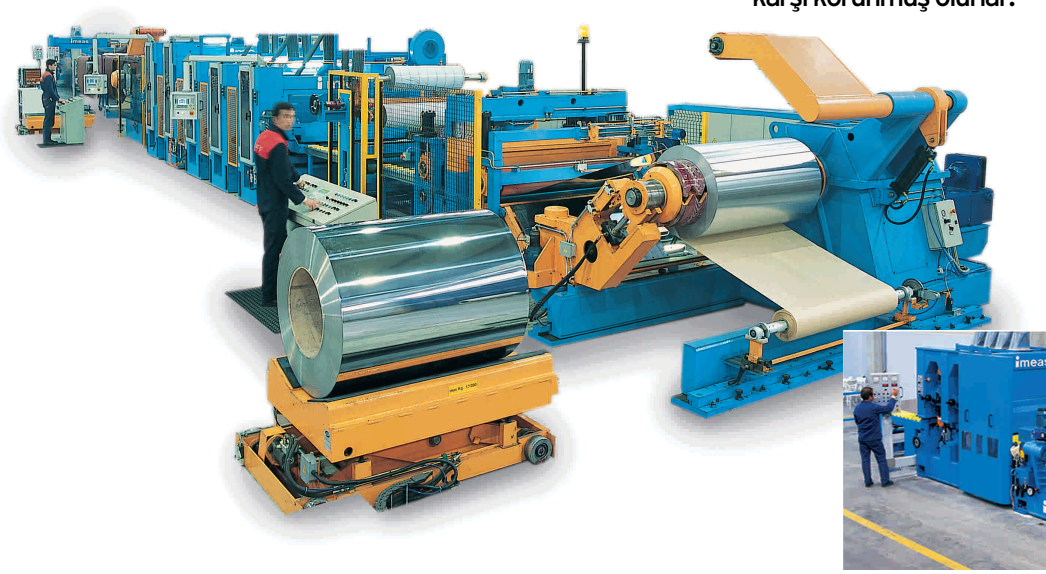
Fırçalama işleminde ise aşındırıcı sentetik bir malzeme olup silindirik bir fırça şeklinderi. Fırça kendi ekseni etrafında dönerken aynı zamanda ileri-geri bir hareketle (osilasyon) malzeme yüzeyinde çizgiler oluşmasını sağlar. Bu işlem esnasında malzeme belirli bir hızla hareket ettirilir.

Kullanılan fırçalar ise yine alüminyum oksit ve silisyum karbür aşındırıcılara sahip olabilir. Bu fırçalar da taşlamadakine benzer şekilde farklı yüzey parlaklığı sağlarlar. Fırçalama işleminde de malzeme ilerleme hızı, fırça dönüş hızı, osilasyon genliği ve frekansı yüzeydeki izlerin şeklini belirleyen önemli parametrelerdir.

Gerek taşlama ve gerekse fırçalama işlemleri sonrasında malzeme yüzeyini korumak amacı ile plastik esaslı bir film(PE, PVC) uygulaması yapılır. Böylece hassas bir şekilde oluşturulmuş yüzeyler, çeşitli üretim prosesleri sırasında oluşabilicik hasarlara karşı korunmuş olurlar.

2.2. Servis Merkezleri

2



Şekil 2.6 : Rulo taşlama/fırçalama hattı

Şekil 2.7 : Levha taşlama/fırçalama hattı

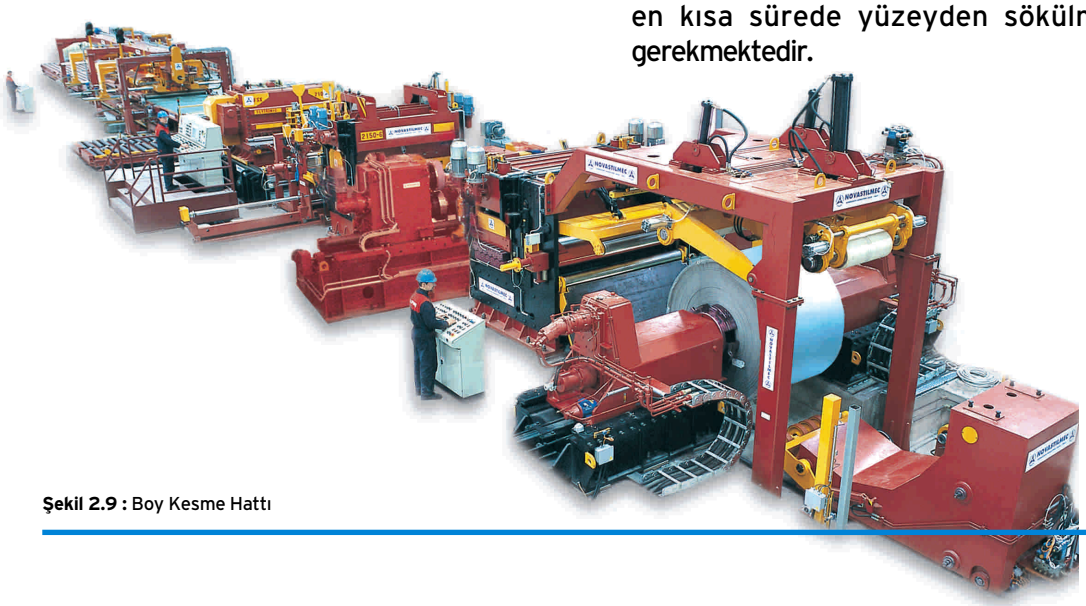
Şekil2.8 : Stok

Yüzey Koruma

Paslanmaz çeliklerde kimyasal ve mekanik özellikler yanında yüzey özellikleri de önem taşımaktadırlar.Paslanmaz çeliklerin nihai kullanım yerlerinde, yüzeyleri boya ve macun gibi işlemlerle örtülmez. Ancak yüzeyler çizilmelere karşı önemli bir hassasiyete sahiptir ve taşlanmış, fırçalanmış veya parlak yüzeyli malzemelerin gelişigüzel çizilmesi arzu edilmez. Öte yandan çeşitli üretim prosesleri sırasında yüzeylerin bu tür hasarlara maruz kalma tehlikesi çok yüksektir.

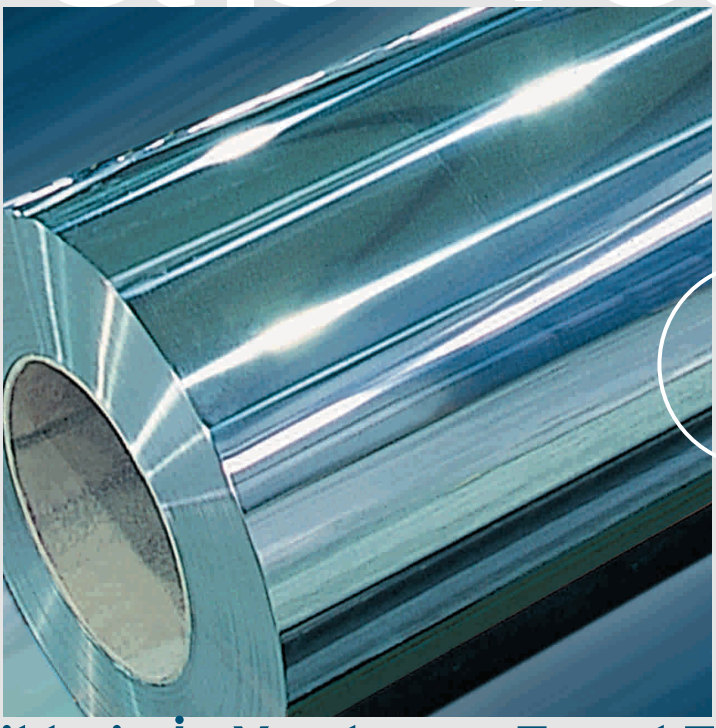
Bu nedenle özellikle gıda sektörü ve dekoratif uygulamalarda imalat proseslerindeki olası problemler nedeni ile yüzeyin korunması gerekir. Bunu sağlamak için kullanılan yaygın yöntem yüzeyin kendinden yapışkan bir PE veya PVC folyo ile kaplanmasıdır. Günümüzde bu amaçla üretilen folyolar kauçuk veya akrilik esaslı yapıştırıcılara sahiptir. Bu tür yapıştırıcılar, folyo paslanmaz çelikten söküldüğünde yüzeyde herhangi bir iz veya kalıntı bırakmazlar. Folyolar değişik kalınlıkta özelliklerde temin edilebilirler. Derin çekme uygulamaları, kolay sökülebilme, dış mekan uygulamalarında ultraviyole ışınlara dayanım, lazerle kesmeye uygun olma gibi pek çok farklı beklentileri karşılayan değişik folyolar mevcuttur.

Yüzeyi koruma amaçlı bu folyolar, belirli bir dayanım süresine sahiptirler ve amaçları üretim prosesleri esnasında oluşabilecek yüzey hasarlarını engellemektir. Bu nedenle imalat işlemleri sonrasında mümkün olan en kısa sürede yüzeyden sökülmeleri gerekmektedir.



Şekil 2.9 : Boy Kesme Hattı

iç yapılar



3

Paslanmaz Çeliklerin İç Yapıları ve Temel Türleri

türler

3

Paslanmaz Çeliklerin İç Yapıları ve Temel Türleri

3.1.Genel

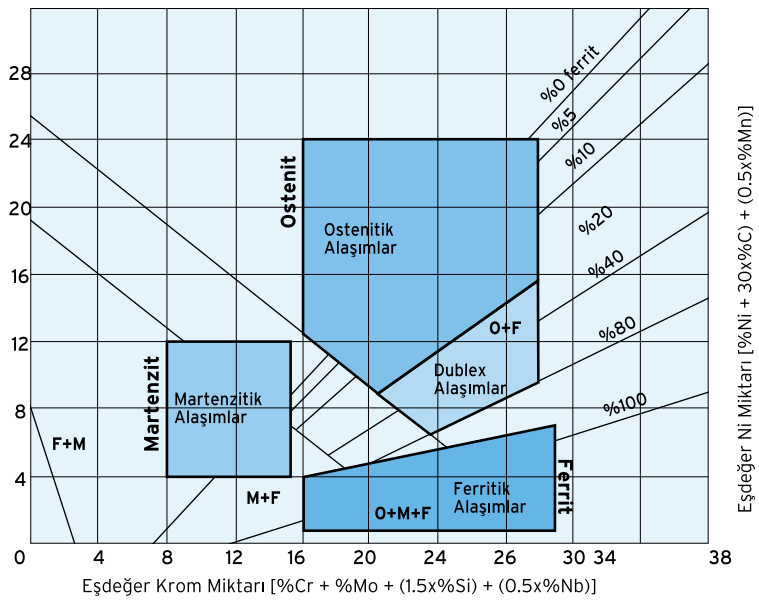
Bileşimlerinde en az yaklaşık %11 krom bulunan çeliklerde, yüzeye kuvvetle tutunmuş, yoğun, gevrek olmayan, çok ince ve görünmeyen bir oksit tabakası bulunur. Dolayısıyla bu malzemeler kimyasal reaksiyonlara karşı pasif olduklarından; indirgeyici olmayan ortamlarda korozyona karşı direnç kazanırlar. Söz konusu oksit tabakası, oksijen bulunan ortamlarda oluşur ve dış etkilerle bozulduğunda, kendi kendini onarır. Krom miktarı yükseltilerek veya nikel ve molibden gibi alaşım elementmeri katılarak korozyon dayanımı artırılabilir. Bunun dışında bakır, titanyum, aluminyum, silisyum, niyobyum, azot, kükürt ve selenyum gibi bazı elementlerle alaşımlama yapılarak ilave olumlu etkiler sağlanabilir. Bu şekilde makina tasarımcıları ve imalatçıları, değişik kullanımlar için en uygun paslanmaz çeliği seçme şansına sahip olurlar. Örneğin;

- **Niyobyum ve titanyum:**
  Tanelerarası korozyonu önler
- **Azot:**
  Mukevemet ve korozyon dayanımını artırır.
- **Kükürt ve selenyum:**
  Talaşlı işlenebilme özelliğini artırır.

Paslanmaz çeliklerde karbon %0,02 ile 1 arasında olabilir, düşük karbon miktarları daha tipiktir, yüksek oranlar martenzitik çeliklerde söz konusudur. Çünkü bu paslanmaz çeliklerde karbonun varlığında krom karbür oluşur ve genellikle tane sınırlarında krom karbür olarak çökelir, bu nedenle kafes içinde çözünmüş krom miktarı %12'lik sınırın altına düşebilir ve malzemenin korozyona dayanıklılık özelliği kaybolur. Dolayısıyla çelik bileşimindeki karbon yüzdesi yükseldikçe;

- Krom miktarı artırılmalı veya
- Karbür yapma eğilimi kromdan fazla olan elementler katılarak krom karbürün meydana gelmesi ve kafeste çözünmüş kromun azalması engellenmelidir (stabilize etme).

Paslanmaz çeliklerde içyapıyı belirleyen en önemli alaşım elementleri önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel içyapının ferritik veya ostenitik olmasını belirler. Schaeffler diyagramı çeşitli paslanmaz kalitelerinin bileşim açısından yerini gösterir. (Şekil 3.1) Ferrit stabilizatörleri; ferrit faz alanını genişleten silikon, krom, molibden, vanadyum, niyobyum ve titanyum gibi karbür oluşturan metallerdir. Ostenit stabilizatörleri ise; ostenit faz alanın genişleten nikel, mangan, karbon ve nitrojen gibi elementlerdir.



Şekil 3.1 :
Schaeffler Diyagramı

ASTM	EN Malzeme No.	Kimsayal Bileşim, ağ.% max									
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Diğer
Ferritik Paslanmaz Çelikler											
409	1.4512	0.08	1.0	1.00	0.045	0.03	10.5-11.75	-	-	-	(6xC)Ti
430	1.4016	0.12	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-18.0	-	-	-	-
430Ti	(1.450)	0.10	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-19.5	0.75	-	-	(5xC)Ti
439	1.4510	0.07	1.0	1.00	0.04	0.03	17.0-19.0	0.5			0.2+4(C+N)Ti
Martenzitik Paslanmaz Çelikler											
410	1.4006	0.15	1.0	1.00	0.04	0.03	11.5-13.0	-	-	-	-
420	1.4021	0.15 min	1.0	1.00	0.04	0.03	12.0-14.0	-	-	-	-
440A	-	0.6-0.75	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-19.5	-	0.75	-	-
440C	1.4125	0.95-1.2	1.0	1.00	0.04	0.03	16.0-18.0	-	0.75	-	-
Dublex Paslanmaz Çelikler											
2205*)	1.4462	0.03	2.0	1.0	0.03	0.02	21.0-23.0	4.5-6.5	2.5-3.5	0.08-0.2	-
329	1.4460	0.20	1.0	0.75	0.04	0.03	23.0-28.0	2.5-5.0	1.0-2.0	-	-
Ostenitik Paslanmaz Çelikler											
201	1.4372	0.15	5.5-7.5	1.00	0.06	0.03	16.0-18.0	3.5-5.5	-	0.25	-
301	1.4310	0.15	2.0	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	6.0-8.0	-	-	-
304	1.4301	0.08	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-10.5	-	-	-
304L	1.4306	0.03	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-12.0	-	-	-
304LN	1.4311	0.03	2.0	1.00	0.045	0.03	18.0-20.0	8.0-12.0	-	0.1-0.16	
309	1.4828	0.20	2.00	1.00	0.045	0.03	22.0-24.0	12.0-15.0			
309S	1.4833	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	22.0-24.0	12.0-15.0			
310	1.4841	0.25	2.00	1.50	0.045	0.03	24.0-26.0	19.0-22.0			
310S	1.4845	0.08	2.00	1.50	0.045	0.03	24.0-26.0	19.0-22.0			
316	1.4401	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	-
316L	1.4404	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	-
316LN	1.4406	0.03	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	0.1-0.16	
316Ti	1.4571	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0	-	5x(C+N)Ti
321	1.4541	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	17.0-19.0	9.0-12.0	-	-	(5xC)Ti
347	1.4550	0.08	2.00	1.00	0.045	0.03	17.0-19.0	9.0-13.0	-	-	(10xC)Nb
Çökelme Sertleşme Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler											
631	1.4568	0.09	1.0	1.0	0.04	0.04	16.0-18.0	6.5-7.5	-	-	0.75-1.5 Al
632	1.4532	0.09	1.0	1.0	0.04	0.03	14.0-16.0	6.5-7.5	2.0-3.0	-	0.75-1.5 Al

***) Ticari isim**

Tablo 3.1 : Bazı Paslanmaz Çelik Kaliteleri ve Kimyasal Bileşimleri

3.2: Ferritik Paslanmaz Çelikler

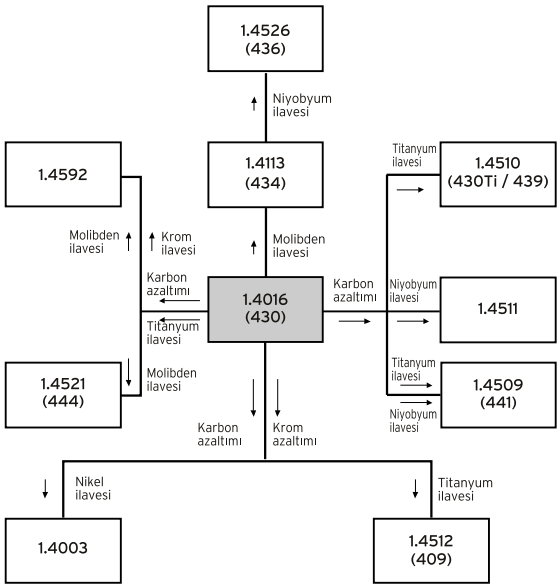
Ferritik çelikler hem oda sıcaklığında hem de daha yüksek sıcaklıklarda demir elementinin sahip olduğu hacim merkezi kübik kristal yapısına sahiptirler ve ostenit ferrit dönüşümü göstermezler. Dolayısıyla iç yapılarını ve mekanik özelliklerini ısıl işlemlerle etkilemek mümkün değildir. Tavlanmış halde akma gerilmeleri 275 ile 350 MPa arasındadır. Düşük toklukları ve gevrekleşme hassasiyetleri nedeniyle, makina parçası olarak kullanımları özellikle kaynaklı montajlar ve kalın kesitler için sınırlıdır.

Atmosferik korozyona ve oksidasyona karşı olan dayanımları ise önemli avantajlarıdır. Ferritik çelikler manyetiktirler ve ısıl işlemlerle mekanik özellikleri değiştirilemediğinden iyi bir dayanıma sahip olmaları için ince taneli bir içyapı şarttır. Ferritik çelikler %10,5 ile 30 arasında krom ve az miktarda karbon, azot ve nikel gibi ostenit yapıcı elementler ihtiva ederler. Kuvvetli ostenit yapıcı olan karbon belirli bir miktara ulaşınca kromun ferrit yapıcı etkisi ortadan kalkar, dolayısıyla perlitik veya martenzitik paslanmaz çelikler ortaya çıkar. Öte yandan karbon yüzdesi artırıldığı durumlarda ferritik içyapı isteniyorsa, krom yüzdesinin de artırılması gerekir. Ferritik çeliklerin kullanım yerleri tamamen krom miktarına bağlıdır. Bu bakımdan, başlıca üç ana gruba ayrılabilir:

- **Krom miktarı %11-13 arasında olanlar** (405 ve 409 kaliteleri)
- **Krom miktarı yaklaşık %17 olanlar** (430 ve 434 kaliteleri)
- **Yüksek kromlular %19-30** (süperferritikler 442 ve 446 kaliteleri)

Krom oranı düşük olan birinci grup orta derecede korozyon ve oksidasyon dayanımı yanında düşük fiyat ve iyi imalat özelliklerine sahiptir. Otomotiv ve egzoz parçalarında tercih edilen bu grup içinde en çok kullanılanı 409 kalitedir. Orta derecede krom içeren ve otomotiv sac parçaları ve mutfak gereçleri yapımında kullanılan ikinci grup, düşük tokluk ve düşük kaynak kabiliyeti ile göze çarpar. Yüksek kromlu üçüncü grup ise süperferritikler diye adlandırılır ve yüksek korozyon ve oksidasyon dayanımı gereken yerlerde tercih edilirler. Genellikle düşük karbon ve azot içeren bu alaşımlarda, gevrekleşme hassasiyetini azaltmak ve kaynaklı konstrüksiyon dayanımını arttırmak amacıyla titanyum ve niyobyum gibi stabilizatör elementler katılır.

Ayrıca alüminyum ve molibden de içerirler. Süperferritikler yerel korozyon söz konusu olduğunda (örneğin suda çözünmüş klorüre karşı) ostenitik çeliklere kıyasla çok daha iyi bir dayanım gösterirler. Bundan dolayı buhar kazanları, ısı değiştiricileri, klorür taşıyan boru hatları ve deniz suyu uygulamalarında tercih edilirler.



Şekil 3.2 : Ferritik paslanmaz çelikler

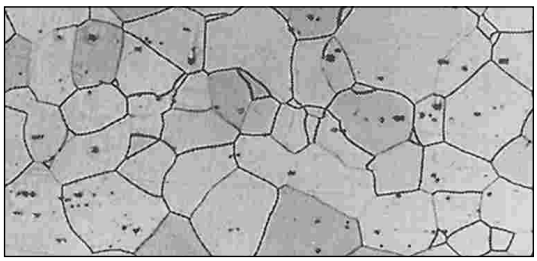
Ferritik çelikler hacim merkezli kübik bir kafes yapısına sahip olduklarından, düşük sıcaklıklarda gevrek davranış gösterirler. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda tutma süresine de bağlı olarak aşağıda açıklanan üç gevrekleşme olayı görülebilir:

· 400-55°C arasında uzun süre kalmış veya yüksek sıcaklıktan yavaş soğutulmuş %15'ten fazla krom içeren paslanmaz çeliklerde çökelmelerin yol açtığı 475°C gevrekleşmesi görülür. Bunu gidermek için gevrekleşmiş çelik 650-750°C arasındaki bir sıcaklığa ısıtılıp hızla soğutulursa bu etki giderilmiş olur.

· Çelikler 600-800°C arasında uzun süre tutulursa yüksek kromlu ferritik ve bazı ostenitik çeliklerde sigma arafazı oluşabilir. Soğuk şekil verme bu dönüşümü kolaylaştırır. Sigma fazı 950 üzerinde yapılacak bir tavlama ve bunu izleyen suverme ile yok edilebilir.

· 950°C'nin üzerinde tane irileşmesi görülür ve tane sınırlarında krom karbür çökeltileri ortaya çıkar. Titanyum veya tantal/niyobyum gibi stabilizatörlerin katılmasıyla tane irileşmesi ile karbür oluşumu engellenebilir.Öte yandan stabilize edilmemiş çeliklerin özellikle kaynak bağlantılarında 700-800°C arasında yapılacak bir tavlama, krom karbürleri küreleştirdiği gibi olası martenzit fazını da tempereleyerek tokluğun daha fazla düşmesini önler. Ayrıca tane sınırları yakınındaki krom dağılımı yayınma ile bir miktar düzgünleştirilip, pasiflik sınırına (%11) yeniden ulaşılmış olur.
Bu nedenlerle ferritik çeliklerde kaynak bağlantıları, ostenitik çeliklerden daha sorunlu olup, şu tedbirlerin alınması gerekir.

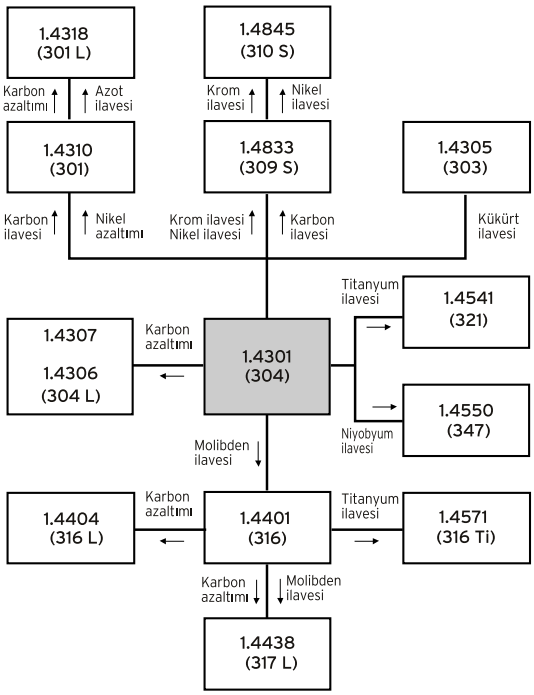
· Başlangıç tokluğunu artırmak üzere 150-200°C arasında ön ısıtma ve kaynak sonrası 700-800°C sıcaklık aralığında uygulanacak bir tavlama yapılmalıdır.
· Tane irileşmesini ve karbür çökelmesini önlemek için kaynak işleminde ısı girdisi düşük tutulmalıdır.



Şekil 3.3 : Ferritik çeliğin mikro yapısı

3.3: Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Gerek kullanım, gerekse alaşım kalitelerinin çokluğu açısından en zengin grup ostenitik çeliklerdir. Manyetik olmayan bu çelikler hem oda sıcaklığında hem de yüksek sıcaklıklarda yüzey merkezle kübik kafese sahip ostenitik içyapılarını koruduklarından, normalleştirme ve sertleştirme ısıl işlemi yapılamaz. Tavlanmış halde süneklikleri, toklukları ve şekillendirilebilme kabiliyetleri düşük sıcaklıklarda bile mükemmeldir. Mukavemetleri ancak soğuk şekillendirme ile artırılabilir. Ostenitik paslanmaz çelikler genellikle %16 ile %26 krom, %35'e kadar nikel ve %20'ye kadar mangan içerirler. Nikel ve mangan temel ostenit oluşturucularıdır.



Şekil 3.4 : Ostenitik paslanmaz çelikler

2XX serisinde, en çok %7 nikel, %5 ile %20 arasında mangan bulunur ve azotun ostenit içinde çözünürlüğü sayesinde dayanım artırılabilir. Katı çözeltide bulunan kristal kusurların içine yerleşen azot, ostenit iç yapının mukavemetini artırır. 3XX serisi ise daha fazla nikel ve en çok %2 mangan içerir. 301 ve 304 kaliteleri en az alaşımlı olan türlerdir ve 3XX serisinin temel alaşımları olarak kabul edilirler.
Mükemmel şekillendirilebildiği, sünekliği ve yeterli korozyon dayanımı ile 304 kalite ostenitik çelik en yaygın olarak kullanılan paslanmaz çeliktir. Tavlanmış 3XX serisi çeliklerin akma dayanımı 200-275 MPa arasında iken yüksek azotlu 2XX serisinde akma dayanımı 500 MPa değerine kadar yükselir.
Bu çeliklerde korozyonu önlemek için gerekli olan kromun ferrit yapıcı etkisi, ostenit yapıcı alaşım elementleri katılarak giderilir. 304 kalite çeliklere molibden katılarak 316 ve 317 kaliteleri üretilir ve klorürlü ortamda noktasal korozyona dayanım sağlanır. 309 ve 310 kaliteleri gibi yüksek kromlu alaşımlar yüksek sıcaklıklarda ve oksitleyici ortamlarda kullanılır. Yüksek oranda nikelli alaşımlar ise indirgeyici asidik ortamlarda tercih edilirler. Ancak bu amaçla, kuvvetli bir ostenit yapıcı olmasına karşın karbon

miktarı artırılamaz, çünkü bu element karbür oluşturarak korozyon dayanımını zayıflatır. Bunun yerine aynı zamanda oksitleyici ve indirgeyici asitlere de dayanıklı olan nikelden yararlanılır. Yüksek oranda nikel, yaklaşık %6 azot ve %20 azot içeren alaşımlara süperostenitikler de denir. 321 ve 347 kalitelerde karbonu stabilize etmek ve dolayısıyla yüksek sıcaklıkta tanelerarası korozyonu önlemek amacıyla titanyum ve niyobyum eklenir. "L" ve "S" uzantılı alaşımlarda (304L, 309S gibi) tanelerarası korozyonu önlemek için karbon oranını düşük tutma yoluna gidilmiştir.

Ostenitik paslanmaz çeliklerde mukavemeti artırmak için genellikle soğuk şekillendirmeden yararlanılır. Bu çeliklerde pekleşme, ferritiklerden daha fazladır. Bu arada şekil değiştirme martenziti de oluşabilir ve malzeme manyetiklik kazanır. Mukavemeti artırmak için bir diğer yol da alaşımlama yapmaktır. Bu açıdan karbon ve azot en etkili elementlerdir.

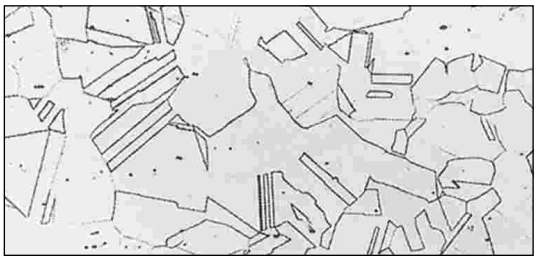
Kükürtsüz olan korozif ortamlarda ostenitik çelikler, ferritiklerden daha iyi sonuç verirler. Molibden katılması ile organik ve çeşitli mineral asitlere karşı dayanımları artar. Tam ostenitik çelikler ısıya ve asitlere dayanıklı, yüksek sıcaklık özellikleri iyi olan malzemelerdir. Ancak sıcak yırtılma eğilimi gösterirler.

Ostenitik çelikler sünek ve toktur, ayrıca ısı etkisiyle sertleşmedikleriden, kaynak bağlantıları için uygundur, ancak ısınan ve soğuyan bölgede karbür çökelmesi oluşmaması için stabilize edilmiş türleri seçilmelidir. Öte yandan ısı iletimleri düşük, genleşmeleri yüksek olduğundan kaynakta çarpılmayı önlemek için ısı girdisi düşük tutulmalıdır.

Ostenit fazı içeren çeliklerde en büyük sorun, krom karbür çökelmesidir. Kritik sıcaklıklar olarak nitelenen 400 ile 850°C arasında yüksek enerjili tane sınırları boyunca ayrışarak yan yana dizilen kromca zengin karbürler, malzemenin korozif ortamlarda bulunması halinde tanelerarası korozyona ve tane ayrılmasına yol açarlar. Bunun nedeni karbür bünyesine geçen krom nedeniyle, katı çözeltideki krom miktarının korozyona dayanıklılık sınırının (<%12)altına düşmesidir.

Bunu engellemek için;

- Çeliğe stabilizatörler katılarak, içyapı kararlı hale getirilir. Bunlar, karbona ilgileri kromunkinden fazla olan titanyum, tantal ve niyobyum gibi elementlerdir. Bu sayede karbon, yüksek sıcaklıklarda dahi krom-karbür oluşturmayacak şekilde bağlanır.
- ELC (extra low carbon - çok düşük karbonlu) çelikler kullanılabilir. Ostenitik çeliklerde 650°C sıcaklıkta çözünebilen karbon miktarı yaklaşık %0.05'tir. Karbon miktarı bu değerden az olursa çözünen karbon, karbür oluşturamaz.
- Çözme tavı uygulanabilir. 1050-1150°C arasında tavlayarak çökelmiş karbürler çözündürülür. Hızlı soğutularak yeniden çökelme önlenir.



Şekil 3.5 : Ostenitik çelik mikro yapısı

3.4: Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Martenzitik çelikler, yüksek sıcaklıklarda sahip oldukları yüzey merkezli kübik kafese sahip ostenitin hızlı soğutma sonucu hacim merkezli tetragonal kafese sahip martenzit yapıya dönüşümü ile elde edilir. Bu çeliklerin içyapısında tavlanmış halde yumuşak ferritik faz da bulunur. Bu gruptaki çelikler %16 ile % 18 krom içeren 440A, 440B ve 440C kaliteleri dışında, en çok %14 krom içerirler. Bunun yanında, % 0,60 ile % 1,20 oranında yüksek karbon içeren 440 serisi dışında karbon miktarları düşük veya orta derecedir. Krom ve karbon miktarları martenzit oluşumunu sağlayacak şekilde dengelenir. Temperleme özelliklerini ayarlamak üzere niyobyum, silikon, volfram ve vanadyum ilave edilebilir. Tokluğu ve bazı ortamlarda korozyon dayanımını iyileştirmek için ise az miktarda nikel eklenir.

İstenen içyapı ve özellikleri elde etmek için martenzitik çeliklerin alaşım çeliklerine benzer biçimde ısıl işleme (yani ostenitleme, suverme ve temperleme) tabi tutulmaları gerekir. Ostenitleme sıcaklığı çeliğin türüne göre 950-1050°C arasındadır.

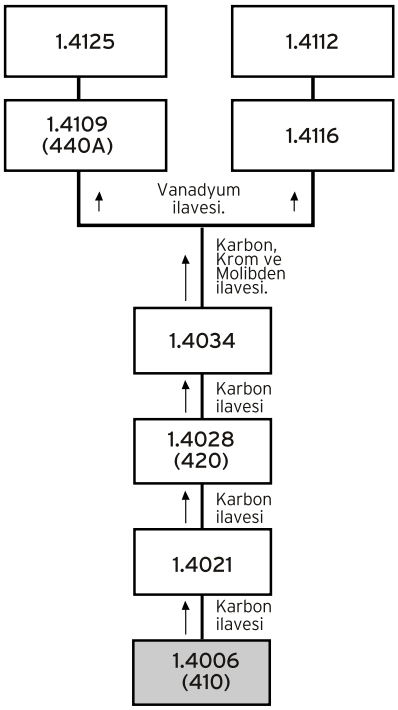
3.4. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

3

Bu sıcaklıktan çeliğe su verilirse martenzitik bir içyapı elde edilir. Su verme ve temperleme sonrası mekanik özellikler temelde karbon miktarına bağlıdır.

Elde edilen sertlik ve mukavemet, karbon yüzdesi ile birlikte artar. Bilişimindeki krom miktarı %16 ve karbon miktarı % 0,6-%1,1 olan çelikler 60 HRC sertlik ve 1900 MPa akma dayanımı gösterebilirler. Bu çeliklerin sertliğinin yüksek oluşu, aşınma dayanımını da iyileştirebilir. %1,1 karbon içeren 440C kalitesi mükemmel aşınma dayanımı gösterirken, %0,1 karbon içeren 410 kalitenin aşınma dayanımı düşüktür.

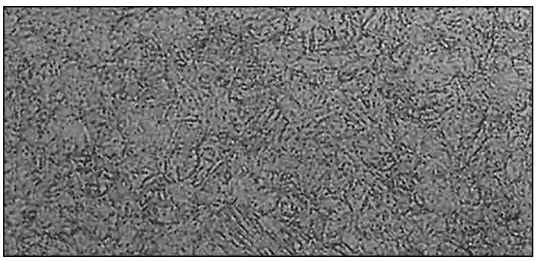
Korozyon dayanımını ve tokluğunu artırmak için alaşıma molibden ve nikel eklenir. Nikel içeren martenzitik çeliklerde karbonun görevini nikel üstlenir. Bu şekilde karbonun bazı olumsuz etkileri (karbür çökeltileri, aşırı sertlik gibi) ortadan kaldırılabilir. Nikel aynı zamanda yüksek miktarda kromun etkisini dengeleyerek içyapıyı serbest ferritlerden korur. Ayrıca sertleşme kabiliyeti ve suverme derinliği arttığından, iri parçalara da ıslah işlemleri uygulanabilir. Molibden ve nikel ilavesi, su verme sonrasında martenzite dönüşmemiş artık ostenitlerin oluşmasını önlemek için sınırlı tutulmak zorundadır. Bu nedenle korozyon dayanımı ancak orta düzeyde kalır.



Şekil 3.6 : Martenzitik paslanmaz çelikler

Martenzitik çelikler yüksek çekme, sürünme ve yorulma dayanımı gerektiren, orta derecede korozif ve en çok 650°C'a kadar sıcaklıktaki uygulamalarda tercih edilirler. Örnek olarak düşük ve orta miktarda karbon içeren 410 kalite çelik ve türevleri, buhar ve gaz türbinlerinde ve jet motorlarında kullanılır. 420 ve benzeri alaşımlar bıçak ve diğer kesici aletlerde, vana parçalarında, dişli, rulman ve millerde tercih edilir. Martenzitik çelikler petrol ve petrokimya makina teçhizatında da kullanılır. 420 kaliteye ek olarak, 440 ve benzeri alaşımlar cerrahi ve dişçilik aletlerinin, makas, yay, kam ve rulman bilyalarının en çok tercih edilen malzemeleridir.

Ürün tipine bağlı olarak martenzitik çelikler tavlanmış veya ıslah edilmiş durumda pazara sunulur. Tavlanmış olarak alınan ürünler şekil verildikten sonra ıslah işlemine (suverme+temperleme) tabii tutulur. Temperleme sıcaklığı değiştirilerek değişik özellik kombinasyonları elde edilir. En iyi korozyon dayanımını elde etmek için tavsiye edilen ısıl işlem sıcaklıklarına tam olarak uyulması çok önemlidir.



Şekil 3.7 : Martenzitik çelik mikro yapısı

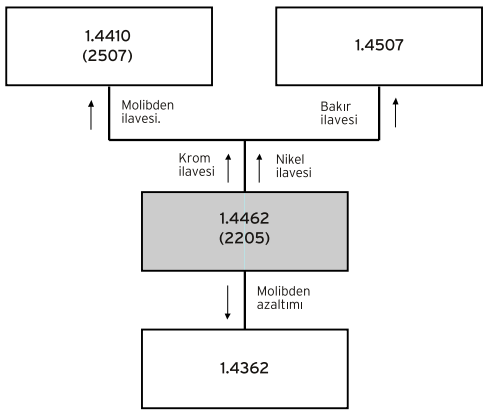
3.5: Ostenitik-Ferritik (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Dubleks çelikler olarak da adlandırılan bu çeliklerin içyapısında her iki faz bir arada bulunur ve bu sayede ostenitik ve ferritik çeliklerin her birinin de ötesinde iyileştirilmiş özellikler gösterirler. Böylece ostenitik çeliklere kıyasla daha iyi gerilme korozyonu dayanımına; ferritik çeliklerle kıyaslandığında ise daha iyi tokluk ve sünekliğe sahip olurlar. Ayrıca, iki fazın bir arada bulunması halinde tavlanmış durumda bile 550 ile 690 MPa akma dayanımı gösterirler ki, bu değer, fazların tek başına bulunduğu türdeki çeliklerin akma dayanımının yaklaşık iki katıdır.

Mevcut ticari kaliteler % 22-% 26 krom, %4-%7 nikel, azami %4,5 molibden, yaklaşık %0,7 bakır ve volfram ile %0,08-% 0,35 azot içerirler. Başlıca dört ana kalitesi vardır:

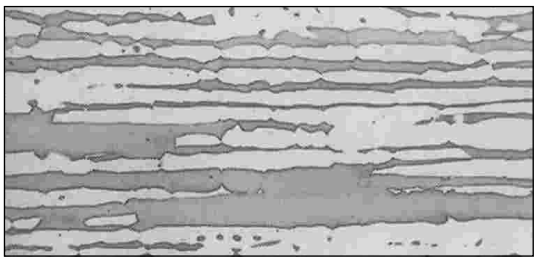
(1) Fe-23Cr-4Ni-0,1N,
(2) FE22Cr-5,5Ni-3Mo-0,15N,
(3) Fe-25Cr-5Ni-2,5Mo-0,17N-Cu ve
(4) Fe-25Cr-7Ni-3,5Mo-0,25N-W-Cu.

Bunlardan dördüncüsü süper-dubleks diye de adlandırılır. Bu türdeki çelikler üzerinde araştırma ve deneyler devam etmekte ve mekanik özellikler ile korozyon dayanımında sürekli iyileşmeler sağlanmaktadır. Ostenitik-ferritik çelikler ferrit yapıcı elementlerin oranına bağlı olarak %10'a kadar delta-ferrit içerirler. İlk önce katılaşan bu faz, içyapının ince taneli olmasını sağlar. Sıcak çatlama duyarlığını artıran fosfor, kükürt, silisyum gibi elementler de büyük ölçüde ferrit kafesi içinde çözüneret ostenit fazından uzaklaşır ve böylece bu çeliklerde sıcak çatlama tehlikesi azalır.



Şekil 3.8 : Dubleks paslanmaz çelikler

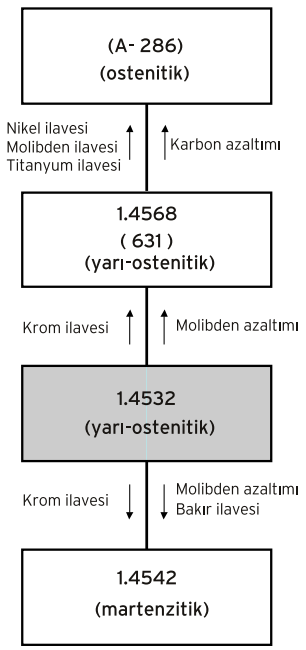
Dubleks çeliklerin, tavsiyelere göre uygulama yapıldığında, kaynak kabiliyetleri de iyidir. Genellikle petrol, petrokimya, kimyasal teçhizat imalatında, arıtma tesislerinde ve deniz veya "off-shore" teknolojisinde kullanılır. Kaynaksız halde 280°C, kaynaklı halde ise 250°C sıcaklıklara kadar güvenle kullanılabilirler.



Şekil 3.9 : Dubleks çelik mikro yapısı

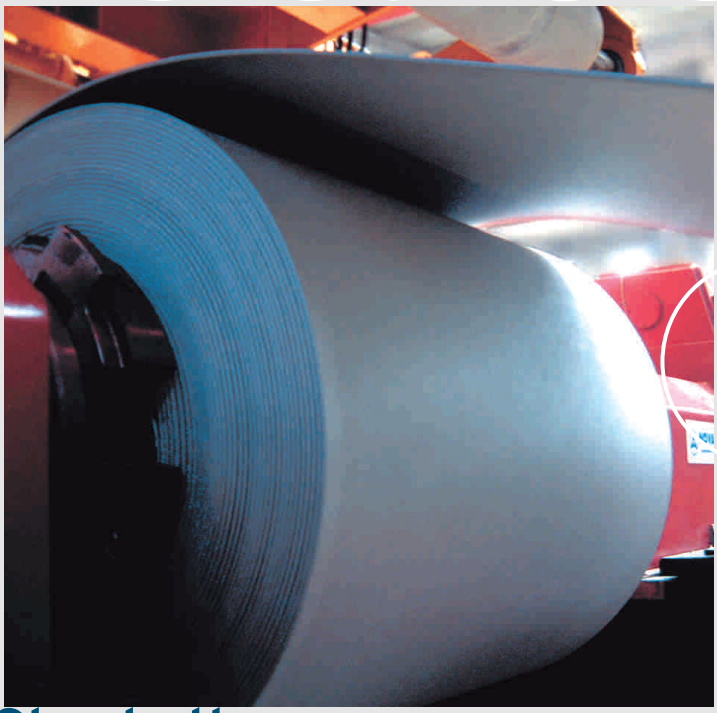
3.6: Çökelme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler

Bu çeliklere çökelme sertleşmesi (yaşlandırma) uygulanabilir. Bunların esas içyapıları ostenitik, yarı-ostenitik veya martenzitik olabilir. Bu çelikler çok düşük miktarda karbon ihtiva ettiklerinden martenzitik türlerinde bile temel sertleşme ancak çökelmeye bağlı olarak gerçekleşir. Çökelti oluşumunu sağlamak için alüminyum, titanyum, niyobyum ve bakır elementleri ile alaşımlama yapılır. Çökelme sertleşmesi uygulanabilen çelikler iyi süneklik ve tokluk yanında, orta ila iyi derece arasında korozyon dayanımı gösterirler. Bu çeliklerde, martenzitik çeliklerle kıyaslandığında, mukavemet ve korozyon dayanımlarının iyi bir kombinasyonu elde edilir. Bu durum yüksek miktardaki alaşım elementleri ve en çok %0,04 karbon bulunmasından dolayıdır, ancak bunun sonucu aşınma dayanımında düşüş gözlenir. Çökelme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler 1700 MPa değerine kadar çıkan akma dayanımlarına sahiptirler. Soğuk şekillendirme ve onu izleyen yaşlandırma ile bu değer daha da yükseltilebilir. En yaygın olarak kullanılan türü 630 kalite olan bu grubun kullanım alanı uçak-uzay ve diğer yüksek teknoloji alanlarıdır.



Şekil 3.10 : Çökelme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler

standartlar



4

Paslanmaz Çelik Standartları

4

Paslanmaz Çelik Standartları

Doğru malzeme seçimi ve kullanımı bir imalat sürecinde dikkat edilmesi en önemli hususların başında gelir. Yanlış malzeme kullanımı, imalat sürecini olumsuz etkileyebileceği gibi; maliyetlerin artmasına, nihai ürün kullanım ömrünün azalmasına ve kullanım giderlerinde artış neden olabilir. Doğru malzeme seçiminde nihai ürünün kullanım şartlarının çok iyi tanımlanması, malzemenin imalat özelliklerini iyi değerlendirilmesi lazımdır.

Paslanmaz çelikler çok değişik kalitelerde üretilen malzemelerdir. Bu nedenle malzeme seçiminde sadece mekanik ve kimyasal değerler göz önünde bulundurulmalıdır. Bunun yanında malzemenin boyutları ve yüzey özellikleri gibi unsurlar da dikkate alınmalıdır. Temin fiyatı ucuz olduğu için tercih edilen bir malzeme ilerki kullanımda ciddi boyutta olumsuz sonuçlar doğurabilir.

Örneğin 316 kalite paslanmaz çelik kullanılması gereken bir yerde tasarrufa yönelerek 304 kalite paslanmaz çelik kullanımı, maliyet açısından bir avantaj sağlıyor gibi görünsede; ürünün kullanım ömrüne olumsuz etki yapması yanında kullanım şartlarına bağlı olarak personel üzerinde yararlanma ve ölümlere neden olabilecek kazalara da yol açabilir.

Bu bölümde piyasada en çok kullanılan paslanmaz çelik türlerinin bazılarına ait bilgiler verilmektedir. Ayrıca bu malzemelerin uluslararası geçerliği olan standartlara göre tanımları da belirtilmiştir. Bu malzemelerle ilgili daha detaylı özellikler 10. bölümde yer almaktadır. Yüzey ile ilgili özellikler ise 8. bölümde detaylı olarak verilmiştir. 9. bölümde ise paslanmaz çelik temininde yararlı olabilecek boyutlar ve diğer fiziksel özelliklere ait bilgilere yer verilmiştir.

4.1. Paslanmaz Çelik Standartları

4

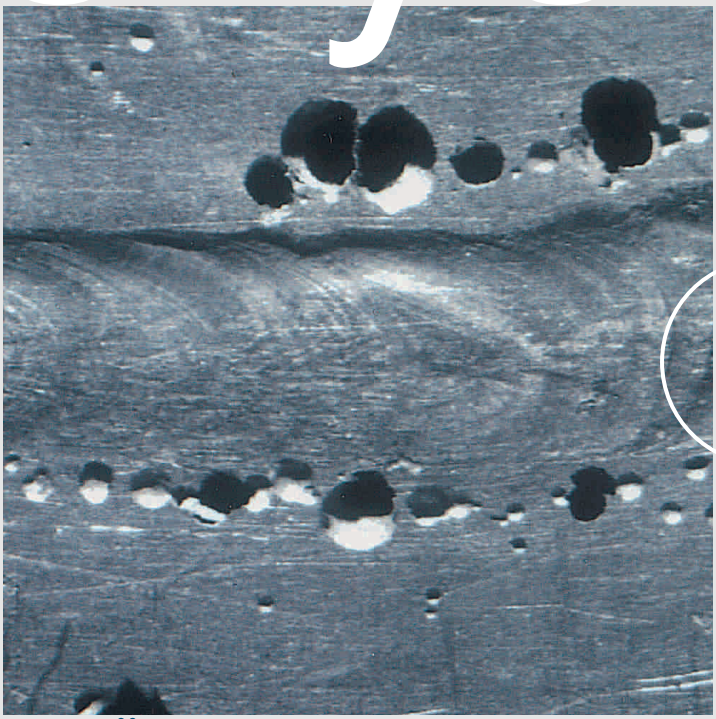
ASTM Standardı	304	304L	304LN	309/309S
EN Standardı	1.4301	1.4306	1.4311	1.4828/1.4833
UNS Standardı	S30400	S30403	S30453	S30900/S30908
Sınıfı	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 200 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	Enaz 190 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	En az 270 (tavlanmış)	Enaz 230 (309) En az 210 (309S)
Çekme Dayanımı (MPa)	500 (tavlanmış) 700 (soğuk Had.)	470 (tavlanmış) 660 (soğuk had.)	550-750	500-750 (309) 500-750 (309S)
Sertlik (HRB)	130-180	130-170	150-210	223 (309) / 192 (309S)
Tavlama Sıcaklığı (°C)	1000-1100	1000-1080	1000-1100	1050-1100
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1150-850	1150-850	1150-850	1150-850
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel	Gaz eritme dışındaki yöntemler için mükemmel
Korozyon Dayanımı	Atmosferde kuru havada korozyona dayanımı mükemmel. Nemli olmayan nötr ortamlarda iyi.	Korozyon dayanımı 304'e benzerdir. Ek olarak tanelerarası korozyona ve gerilmeli korozyon çatlamasına da dayanıklı. Nitrik aside dayanımı iyi.	Korozyon dayanımı 304'e benzerdir. Ek olarak azot katkısıyla mekanik özellikler iyileştirilmiştir.	Kükürtlü gazlara karşı: orta (309), az (309S). Azotlu gazlara karşı: mükemmel (309), az (309S)
Yüksek Sıcaklıkta	870 (°C)'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Oksitleyici ve nemli klorürlü ortamlarda gerilme korozyonu çatlaması görülebilir.	900°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez.	900°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. 400°C'ye kadar tanelerarası korozyona iyi direnç gösterir. Mekanik zorlama altında 500 °C'a kadar	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir.
Kullanım Alanları	En yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik. Ev eşyaları, mutfak cihazları. Mimarı ve otomotiv uygulamalar. Düşük sıcaklıklarda da kullanılabilir.	304'e benzer. Ancak kaynak sonrasında tavlanması mümkün olmayan parçalarda kullanılır. Özellikle derişik nitrik asitli ortamlar için.	304L'e benzer. Ancak mekanik özellikleri daha iyi. 400°C'a kadar sürekli işletme koşullarında kullanılabilir. Kimya-süt, ve fermentasyon tesislerindeki basıçlı kap ve	Isıya dayanıklı uygulamalarda kullanılır. Fırın yapımı, ısıtıcılar, sementasyon kutuları, tav kapları vs.

ASTM Standardı	310/310S	316	316L	316Ti
EN Standardı	1.4841/1.4845	1.44041	1.4404	1.4571
UNS Standardı	S31000/S31008	S31600	S31603	S31635
Sınıfı	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik	Ostenitik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 230 (310) En az 210 (310S)	Enaz 210 (tavlanmış) 500'e kadar (soğuk had.)	En az 200 (tavlanmış) 450'e kadar (soğ. had.)	Enaz 220 (tavlanmış) 700'e kadar (soğ.had.)
Çekme Dayanımı (MPa)	550-800 (310) 500-750 (310S)	510 (tavlanmış) 610 (soğ. had.)	500 (tavlanmış 600 (soğ.had.)	540-700 (tavlanmış) 700'e kadar (soğ.had.)
Sertlik (HRB)	223 /309) / 192 /309S	160-200	155-190	160-200
Tavlama Sıcaklığı (°C)	1050-1100	1030-1120	1030-1100	1030-1120
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1150-850	1150-850	1150-850	1150-800
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile	Uygun takım ve soğutma ile
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi
Korozyon Dayanımı	Kükürtlü gazlara karşı: az (310), az-orta (310s). Azotlu gazlara karşı: Mükemmel	Molibden katkısı ile korozyon dayanımı gelişmiştir. Ilık ve klorür içeren ortamlarda noktasal ve aralık korozyonu daha iyidir. Havada, sanayi atmosferlerinde, deniz suyunda rahatlıkla kullanılır.	316'ya benzerdir. Ancak ek olarak tanelerarası korozyon hassasiyeti oluşmaz. İndirgeyici asitler, deniz suyu ve diğer noktasal korozyon oluşacak yerlerde kullanılabilir.	316'ya benzerdir. Titanyum ile içyapı stabilize edildiğinden, tanelerarası korozyon hassasiyeti oluşmaz. Kaynaklı durumda dahi 400°C'ye kadar sürekli kullanılabilir.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000-1050 °C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir	Molibden ilavesi, yüksek sıcaklık dayanımı da arttırır. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. 425-860 °C aralığında sürekli kullanılırsa tanelerarası korozyon!	316'ya benzerdir. Ancak karbon miktarı düşüktür ve karbür çökelmeyeceğinden 425-860 °C aralığında kullanılabilir.	Yüksek sıcaklık malzemesidir. 1000°C'ye kadar tufal oluşumu görülmez. Çekme dayanımı ve sürünme özellikleri iyidir.
Kullanım Alanları	Isıya dayanıklı uygulamalarda kullanılır. Fırın yapımı, buhar kazanları petrol tesisleri termo eleman kılıfları	Çok agrezif ortamlar için uygundur. Kimya, petrokimya ve gıda sanayinde kullanılır. 300°C'ye kadar sürekli kullanılabilir. Isı değiştiricilerinde, buhar kazanlarında, mutfaklarda, gıda tesislerinde, cephe kaplamalarında kullanılır.	316'ya benzerdir. 316L kaynak sonrasında ısıl işlem yapılmayacak parçalarda tercih edilir.	316'ya benzerdir. Ek olarak yüksek sıcaklık özellikleri daha iyidir. 400°C'ye kadar tanelerarası korozyon tehlikesi olmadan sürekli kullanılabilir. Kimya, petrokimya kömür, selülöz, tekstil, boya fotoğraf , reçine ve lastik sanayi gibi yerlerde kullanılır.

ASTM Standardı	321	409	420	430
EN Standardı	1.4541	1.4512	1.4021	1.4016
UNS Standardı	S32100	S40900	S420	S43000
Sınıfı	Ostenitik	Ferritik	Martenzitik	Ferritik
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 205 (tavlanmış) 450'e kadar (soğuk had.)	Enaz 220 (tavlanmış) 350'e kadar (soğuk had.)	450 (tavlanmış)	Enaz 210 (tavlanmış)
Çekme Dayanımı (MPa)	520 (tavlanmış) 720 (soğuk Had.)	380 (tavlanmış) 420 (soğuk had.)	650-800 (Tavlanmış) 1570 (su verme sonrası) 930 (suverme+650 ^{O}C temp.) 750 (suverme+750 ^{O}C temp.)	430-600 (tavlanmış)
Sertlik (HRB)	160-210	160-200	180-230 (Tavlanmış) 230-450 (Suverme+temp.)	150-190 (tavlanmış)
Tavlama Sıcaklığı (oC)	1000-1100	770-830	950-1050 (suverme sıc.) 730-780 (yumuşatma tavı)	750-850 650-700 (gerilim giderme)
Sıcak Şek. Verme Sıc. (^{O}C)	1150-850	1150-750	1100-800	1150-850
Soğuk Şekil Verme Özelliği	Çok iyi	İyi	-	İyi
Talaşlı İmalat Özelliği	Uygun takım ve soğutma ile	Yumuşak çeliklere benzer	Tavlı iken yumuşak çelik gibi	Yumuşak çeliklere benzer
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi	Gaz eritme dışındaki yöntemler için iyi	Kaynak için pek uygun değildir.	Orta düzeyde. Gaz eritme hariç diğer yöntemler.
Korozyon Dayanımı	Mükemmel. 304 kaliteye benzer özelliklerdedir, ancak titanyum ile stabilize edildiğinden tanelerarası korozyon hassasiyeti görülmez. Gerilmeli korozyon çatlağına hassastır.	Havaya suya ve birçok kimyasala karşı iyi korozyon dayanımı gösterir.	Zayıf asitlere dayanımı iyidir. Özellikle oksitleyici ortamda klorüre karşı hassastır.	Atmosferde, klorürü içermeyen sulu ortamlarda, zayıf organik asitli ortamlarda, alkali çözeltilerde korozyon dayanımı yeterlidir. Kömür ve petrol yakıtlı fırınların kükürt içeren gazlarına dayanıklıdır.
Yüksek Sıcaklıkta	900^{O}C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez. Sürünme dayanımı ve diğer mekanik özellikleri iyidir.	Yüksek sıcaklıklarda kullanılan bir kalite değildir. 800^{O}C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.	Yüksek sıcaklıklarda tercih edilen bir kalite değildir. 700^{O}C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.	800^{O}C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez.
Kullanım Alanları	Kaynak edilmiş ve tavlanmamış durumda dahi korozyona kayanıklıdır. 400^{O}C'ye kadar tanelerarası korozyon yok. Düşük sıcaklıklarda da sünektir. Gıda, içki, fotoğraf sanayinde, depo yapımında, fittinglerde tercih edilir.	Genellikle galvanizli çeliğin yeterli olmadığı kaynaklı konstruksiyonlara (örn. eksoz elemanları) tercih edilir. Kimya ve petrokimya sanayinde borularda, ısı değiştiricilerinde, mutfak aletleri ve spor ekipmanlarında kullanılabilir.	Yüksek dayanım ve aşınmaya karşı mukavemet gereken yerlerde. Kırılgandır. Bıçak ve tıbbi aletler, kalıp parçaları, fren diskleri, sübaplar vs.	Genel amaçlar için kullanılan temel ferritik paslanmaz çelik kalitesidir. Otomotiv sanayinde, mutfak aletleri, çatal-kaşık, mimari uygulamalar bazı kullanım yerleridir.

ASTM Standardı	439 (430Ti)	2205		
EN Standardı	1.4510	1.4462		
UNS Standardı	S43900	S31803/S32205		
Sınıfı	Ferritik	Ferritik-Ostenitik (dublex)		
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Enaz 240 (tavlanmış)	Enaz 240 (tavlanmış)		
Çekme Dayanımı (MPa)	430-600 (tavlanmış)	640-900 (tavlanmış)		
Sertlik (HRB)	140-190	200-280		
Tavlama Sıcaklığı (°C)	750-850 650-700 (gerilim giderme)	1020-1100		
Sıcak Şek. Verme Sıc. (°C)	1100-850	1150-900		
Soğuk Şekil Verme Özelliği	İyi	Çok İyi		
Talaşlı İmalat Özelliği	Yumuşak çeliğe benzer	Uygun takım ve soğutma ile		
Kaynak Kabiliyeti	Gaz eritme dışındaki yöntemler için orta	Gaz eritme dışındaki yöntemler için çok iyi		
Korozyon Dayanımı	430 kaliteden iyidir.Titanyum ile içyapı stabilize edilmiştir. Gerilme korozyon hassasiyeti yoktur. Sıcaklığın değiştiği durumlarda korozyona dayanıklıdır.	Korozyon alışılagelmiş türlerine karşı dayanımı yüksektir.		
Yüksek Sıcaklıkta	900 °C sıcaklığa kadar tufal oluşumu görülmez. Yüksek sıcaklık dayanımı iyidir.	Metallerarası bileşiklerin çökelmesi sözkonusu olduğundan kullanımı 300°C ile sınırlıdır (kaynaklı durumda 250°C)		
Kullanım Alanları	Kaynak kabiliyeti ve sünekliği sayesinde geniş kullanım bulur. Su ısıtıcıları, eksoz sistemleri, çamaşır makinaları, gıda tesisleri için kullanılabilir.	Kimya, petrokimya, off-shore uygulamaları. Boru hatları, kuvvet taşıyan yapılar, basınçlı kaplar.		

korozyon



5

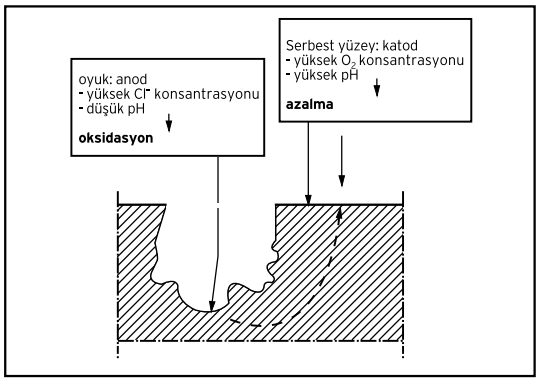
Korozyon ve Türleri

5

Korozyon ve Türleri

5.1. Korozyon ve Türleri

Korozyon metallerin ortam ile kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonu sonucu malzeme özelliklerinin olumsuz yönde etkilenmesidir. Kimyasal korozyon metalin içinde bulunduğu ortamdaki diğer bir elementle doğrudan elektron alışverişinin sözkonusu olduğu bir reaksiyondur. Metal genellikle ortamdaki oksijene elektron verir ve reaksiyon sonucu metal oksit oluşur. Oksidasyon özellikle yüksek sıcaklıklarda belirgindir ve bu durumda oluşan korozyon ürününe teknik dilde tufal denir. Elektrokimyasal korozyonda konum olarak çoğunlukla farklı yerlerde oluşan iki kısmî reaksiyon vardır. Genel olarak bütün metallerde ve özellikle paslanmaz çeliklerde elektrokimyasal korozyon hasarlarına daha çok rastlandığından bu konu üstünde durulacaktır.



Şekil 5.1 : Klorit zengin ortamda korozyon oluşumu

Elektrokimyasal korozyonun her iki kimyasal reaksiyonunda da elektrik yüklerinin karşılıklı değişimi zorunludur. Bu değişim metallerde elektron iletimi yoluyla sağlanırken, metalin dışındaki akım elektrolit üzerinden geçer. Elektrolitler çoğunlukla sıvı çözeltiler olmakla birlikte, toprakta ve tuz eriyiklerinde de iyon iletimi mümkündür. Bir elektrolitin korozyondaki etkinliği, içindeki iyonların derişikliklerinin su içindeki derişikliklerine oranıyla ifade edilir.

Korozyon Biçimleri

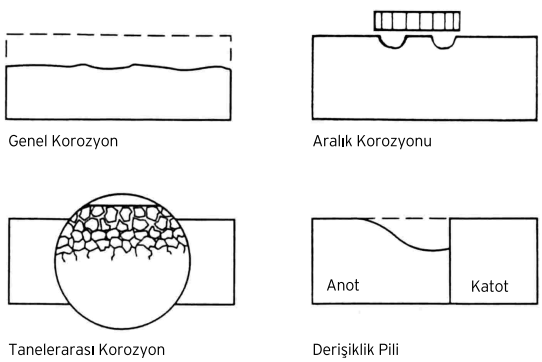
Malzemede korozyona bağlı hasar başlıca üç biçimde gerçekleşir: genel korozyon, noktasal korozyon ve korozyon çatlağı. Genel korozyon bütün yüzeyi etkilerken, noktasal korozyonda krater (pitting) ya da iğne şeklinde yerel çukurlar oluşur veya yüzeyin altı oyulur. Genel korozyonda metal çözünmesi yavaştır ve ortaya çıkan korozyonun neden olduğu maddelerden ötürü kolaylıkla farkedilerek önlem alınabilir. Ancak ulaşılamayan iç boşluklarda görünümün bozulması izlenemeyeceğinden tehlikeli olabilir. Noktasal korozyonda ise ortaya çıkan korozyonun yarattığı maddeler farkedilmeyecek kadar azdır, bundan dolayı parça delinip sızma gibi bir belirti görülmeden farkedilmez. Bu duruma gelindiğinde ise sistemin bütününde dolaylı oluşacak hasar, korozyon hasarının kendisinden çok daha ağır sonuçlara yol açabilir.

Korozyon çatlakları ise en tehlikeli korozyon biçimi olup, noktasal korozyon gibi çok zor farkedilir. Mekanik zorlama altındaki çatlak uçlarında çentik etkisiyle oluşan gerilme yığılmaları ile kesit daralması sonucu ortaya çıkan aşırı zorlama, kırılmaya yol açabilir. Korozyon çatlağının hem tane sınırlarından hemde tane içlerinden ilerlemesi mümkündür.

Korozyon Türleri

Korozyon türlerini mekanik zorlamasız ve mekanik zorlamalı olmak üzere iki ana başlıkta toplayabiliriz.

Mekanik zorlamasız korozyon türleri: Temas korozyonu, derişiklik pili, aralık korozyonu ve ayırımlı korozyon şeklinde sıralanabilir.



Şekil 5.2 : Mekanik zorlamasız korozyon türleri

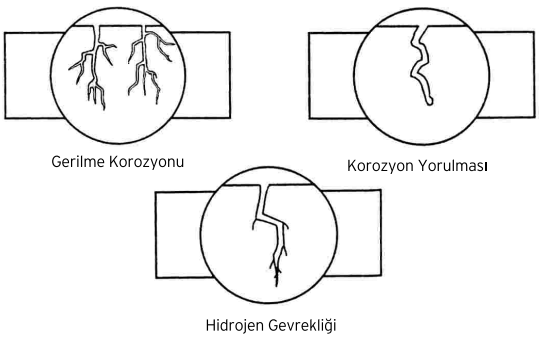
5.1. Korozyon ve Türleri

5

Temas korozyonu veya temas pilinde anotla katot arasındaki elektrik direnci genellikle çok küçüktür, yani kısa devre bulunmaktadır. Bu durumda anot ve katot iki ayrı parça ise makro temas pili oluşur ve üniform bir genel korozyon görülür. Anot ve katot yüzeyleri çok küçük ve yanyana iseler yerel (mikro) temas pili oluşur. Bu tür korozyon heterojen bir karışımın değişik içyapı bileşenleri arasında ortaya çıkabileceği gibi sıvı içindeki metal birikintiler ile sıvıyı taşıyan kap veya boru arasında ortaya çıkabilir ve her iki durumda da noktasaldır. Derişiklik pili elektrolit içindeki belirli maddelerin homojen olmayan derişikliklerinden kaynaklanır. En sık rastlana derişiklik pili elektrolite oksijen girişinin çeşitli bölgelerde farklı olmasından ileri gelen havalandırma pilidir. Dar aralıklarda veya sızdırmazlık yüzeylerinde oluşan aralık korozyonu da farklı havalandırma koşullarına bağlanabilir. Örneğin aralık içinde oksijen derişikliği az, dışarıda ise daha yüksektir.

Ayırımlı korozyonda belirli içyapı bileşenleri, tane sınırına yakın bölgeler veya bazı alaşım elemanları elektrolitte öncelikle çözünürler. Tanelerarası korozyon ayırımlı korozyon için bir örnektir. Çünkü burada ya tane sınırlarının yüksek enerjisi veya farklı yapıları nedeniyle tane sınırı çökeltilerinin veya tane sınırlarının çözünmesi söz konusudur. Taneleriçi korozyon ise plastik şekil değişimi sonucu dislokasyon yoğunluğu fazla ve böylece enerji seviyesi yükselmiş olan kayma düzlemleri üstünde ilerler. Ayırımlı korozyonun özel halleri kır dökme demirdeki süngerleşme ve pirinçdeki çinkosuzlaşmadır. Bu durumda parça dış biçimini korur, ancak dayanımını kaybeder.

Mekanik zorlamalı korozyon türleri: Gerilme korozyonu, hidrojen gevrekliği ve korozyon yorulması sıralanabilir.



Şekil 5.3 : Mekanik zorlamalı korozyon türleri

Gerilme korozyonu elektrolit içinde bulunan ve bir çatlak başlangıcı taşıyan parça üzerine çekme gerilmelerinin etkimesi ile ortaya çıkar. Çatlak başlangıcları yüzeyde ve mikroskobik ölçeğin altında büyüklükteki süreksizliklerdir. Çatlaklar mekanik gerilme ve korozyonun ortak etkimesi sonucu da ortaya çıkabilirler. Gerilme nedeniyle hareket eden dislokasyonların yüzeyde meydana getirdiği kayma eşikleri, korozyon yavaşlatıcı oksit vb. tabakanın sürekliliğini bozar. Bu gibi hallerde koruyucu tabakanın yenilenmesi olaya özgü elektrolit tarafından engellenir ve korozyonun yerel olarak gelişmesiyle bir tünel oluşur. Doğrudan doğruya koruyucu tabakadan gelecek iyonlarda aynı sonucu doğurur.

Gerilme korozyonu sırasındaki çatlak ilerlemesi, çatlak ucundaki gerilme yığılması sonucu oluşan plastik şekil değişimi ve buna bağlı dislokasyon yoğunluğu nedeniyle anodik olarak çözünme ve çatlak büyümesi şeklinde gelişir. Bu arada plastik şekil değişimi sonucu azalan gerilme yığılması, çatlak büyümesi ile taşıyıcı kesitin daralması ve ortalama gerilmenin artması sonucu yeniden etkinlik kazanır. Bu şekilde ilerleyen çatlak hızlanarak parçanın kısa zamanda kırılmasına yol açar.

Gerilme korozyonu her türlü malzemede görülebilir, ancak paslanmaz çelik gibi korozyona dayanıklı malzemeler koruyucu tabakanın hasar görmesi ile özellikle duyarlı hale geçebilirler. Gerilme korozyonu malzemeye ve elektrolite bağlı olarak hem tanelerarası hem de taneleriçi türden olabilir.

Hidrojen gevrekliğinde de gerilme, elektrolit ve çatlak gibi üç eleman mevcut olmasına rağmen hasar mekanizması gerilme korozyonundan farklı olduğu için değişik bir kategoride değerlendirilir.

Hidrojen gevrekliğinde katodik reaksiyon sonucu ortaya çıkan hidrojen iyonlarının malzeme içine yayınması ve daha sonra malzeme içi mikro boşluklarda hidrojen molekülünü meydana getirirken iç gerilmelere ve dolayısıyla çatlaklara yol açması söz konusudur.

Korozyon yorulmasında ise gerilme korozyonunun mekanizması büyük ölçüde aynen geçerlidir. Yalnız yorulma zorlamaları

altında yüzeyde çıkıntı ve girintiler, yani uçlarında dislokasyon yoğunluğu yüksek olan derin çatlak başlangıçları her zaman oluştuğundan, korozyon yorulmasının görülmesi için belli bir elektrolitin bulunması gerekmez. Şehir suyu dahi yorulma dayanımının önemli ölçüde azalmasına yol açabilir. Korozyon yorulması hemen hemen her zaman taneler içi çatlaklar şeklinde ilerler.

Yukarıda anlatılan mekanik zorlama altındaki korozyon türlerine ek olarak iki katı maddenin sürtünmesi sonucu ortaya çıkan sürtünme korozyonu, akan sıvılar içinde oluşan erozyon korozyonu ve kavitasyon korozyonu sıralanabilir. Sürtünme korozyonunda özellikle mekanik aşınma ile kopan yüzey parçacıkları korozyona uğrayarak uyum pası diye adlandırılan korozyonun yarattığı maddeleri oluştururlar. Erozyon ve kavitasyonda ise metal yüzeyindeki koruyucu tabaka bozularak korozyon hasarı ortaya çıkar.

Metallerin Korozyon Davranışı

Anodik metal çözünmesi için metal yüzeyinin aktif olması, metalin elektrolitik olarak aşınmasını engelleyebilecek bir reaksiyonla karşılaşılmaması lazımdır. Pasifleşebilen malzemelerde ve özellikle oksijence zengin elektrolitlerde, çoğu kez oksit olarak oluşan pasif tabaka sayesinde anot akımı çok küçük bir değere düşer ve geniş bir potansiyel aralığında yaklaşık olarak sabit kalır. Bu şekilde korozyonun devam etmesi engellenir.

Korozyondan Korunma

Korozyondan aktif korunmada elektrolitin değiştirilmesi, koruyucu anot kullanılması ve dış elektrik potansiyeli uygulanması ile doğrudan doğruya korozyon reaksiyonları azaltılır. Bir elektrolitin etkinliğini azaltmak üzere inhibitör denilen kimyasal maddeler eklenebilir veya kapalı devre sistemlerde su, oksijerce fakirleştirilebilir. Koruyucu anot veya dış gerilim uygulaması ile korunmak istenen malzeme katot haline getirilir.

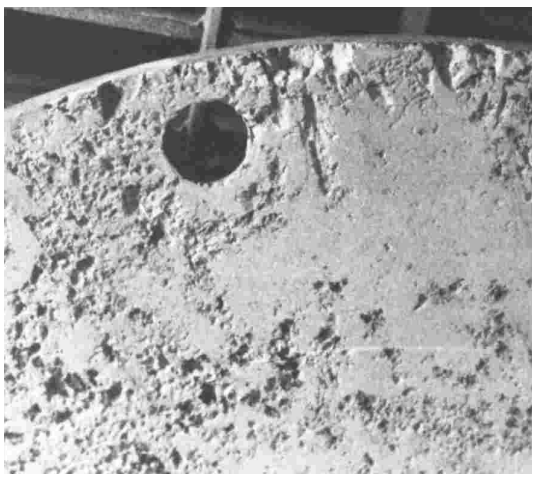
Korozyondan pasif korunma olarak elektroliti korunacak metalden uzak tutan her türlü önlem anlaşılır. Yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında organik (yağ balmumu, plastik), metal olmayan-inorganik (oksitler, fosfatlar, seramikler, emaye) ve metal yüzey koruma kaplamaları sıralanabilir. Tasarım sırasında da korozyondan korunma amaçlı tedbirler alınabilir. Farklı potansiyele sahip malzemeler arasındaki korozyon, ara yalıtkan tabakalar ile engellenebilir.

5.2. Paslanmaz Çeliklerin Korozyonu

Paslanmaz çeliklerin korozyona karşı dayanımının yüksek olması, yüzeyinde bulunan ince oksit filminin sonucu olarak düşünülür. Bu filmin bileşimi alaşımdan alaşıma ve gördüğü işleme (haddeleme, dağlama, ısıl işlem) göre değişir. Bu tabakanın sürekli, gözeneksiz, çözünmeyen ve kendini onaran bir yapıda olduğu bilinir. Bu tabaka bozulduğu zaman havada veya oksijen bulunan ortamlarda kendiliğinden yeniden oluşur.

Pasifik , pasif bir oksit filminin varlığı halinde kazanılan korozyona karşı dayanıklılıktır. Bu sabit bir durum değildir, sadece belirli ortamlarda veya belirli koşullarda ortaya çıkar. Paslanmaz çeliklerin pasiflik durumunun var olduğu alan dar veya geniştir, koşullardaki küçük değişimler bu pasiflik durumunu bozabilir. Pasif durumdaki paslanmaz çelikler asil metaller gibi davranırken, aksi durumda basit çeliklerin özelliğindedir.

Paslanmaz çelikler normal olarak pasiftirler, ancak oksitleyici özelliği düşük korozif çözeltilerde, aktifleşirler. Bu nedenle pasifliğin korunması için oksijen veren ortamların sürekli var olması gereklidir. Aksi halde yerel korozyon oluşur ve mesela deniz suyunda aralık korozyonu görülür.



Şekil 5.4 : $CaCl_2$ çözeltisinin korozyon etkisi.

5.2. Paslanmaz çeliklerin korozyonu

5

Korozif çözeltinin paslanmaz çeliğin yüzeyinde hareket etmesi ve hızının artması, çözelti içinde çözünmüş oksijenin çelikle temasa geçme hızını artırır ve hız arttıkça elektrokimyasal korozyon eğilimi azalır. Ancak artan hızla erozyon ve kavitasyon gibi mekanik etkiler artar ve yeni bir film oluşması engellendiği gibi, eski film de ortadan kalkabilir. Bu nedenle korozyona uğrama eğilimi belirli bir noktaya kadar azalır ve sonra terar artar. Bu sınır hızının değeri, çeliğin bileşimi, sıcaklık, çözeltilerin miktar ve bileşimi ile diğer ortam faktörlerine bağlıdır.

Paslanmaz çelikler metal oksit filmi olmadan iyi bir korozyon direncine sahip değildirler ve pasif filmlerini koruyamayacakları durumlarda hızla çözünürler. Dolayısıyla malzemenin korozyon direnci ya "iyi"dir ya da "kötü"dür.

Pasif filmin yerel olarak bozulması durumunda da aynı şey olur. Bu durumda pitting, aralık korozyonu, tanelerarası korozyon veya gerilmeli korozyon oluşabilir. Sonuç çok kötü olabilir, ancak malzemenin çok küçük bir kısmı korozyona uğradığı için, hasarın önceden farkedilmesi güçtür.

Bileşimin Etkisi

Paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımı kromun varlığına bağlıdır ve krom miktarı artırıldıkça bu dayanım artar. Ayrıca yüzeyde pasif bir filmin oluşum hızı da krom miktarına bağlıdır.

Nikelin bulunması oksijen bulunmayan belirli ortamlardaki korozyon dayanımını artırır. Ayrıca diğer mekanik özellikleri de geliştirir. Mangan ostenit yapıyı kararlı hale getirmede etkindir, fakat korozyon dayanımına önemli bir katkısı olmaz. 200 serisi çeliklerde ostenitik yapı için gerekli olacak nikelin bir kısmının yerini mangan alır.

Molibden; halojen tuzlar ve deniz suyundaki noktasal korozyon dayanımını çok olumlu etkiler. Molibden katılması pasif filmin belirli ortamlardaki dayanımını artırır.

Isıl İşlemin Etkisi

Değişik ısıl işlemler sonucu içyapının değişmesi paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımına önemli etki yapar. Bu çeliklerin korozyon dayanımı, karbonun tümünün çözünmüş olması ve homojen tek fazlı bir içyapı bulunması durumunda en iyidir. Kararlı (stabilize) hale getirilmemiş ostenitik paslanmaz çelikler 550°C-850°C arasında tutulursa, belirli ortamlarda oda sıcaklığında dahi tane sınırları boyunca korozyona uğrarlar. Bu tanelerarası korozyon oluşumu, krom karbürün tane sınırlarında çökelmesi ve komşu bölgelerde bileşimdeki krom miktarının azalması nedeniyledir. Bileşimdeki karbon miktarının düşürülmesi ve bu şekilde çelikte karbür oluşumu eğiliminin zayıflaması ile tanelerarası korozyon eğilimi azaltılabilir.

Karbon miktarı dışında bu kritik sıcaklık bölgesinde (550°C-850°C) tutma süresi de çok önemlidir. Bu bölgede karbür çökelmesi çok hızlı olur. Mesela kaynak bağlantılarında kaynak metali ve ana metal korozyona uğramaz iken, ısı tesiri altındaki bölgede sözkonusu sıcaklıkların kısa süre var olduğu yerlerde korozyon görülür. Bu durum, tavlama, stabilize edilmiş çelik türleri kullanma (321, 347) veya ekstra düşük karbonlu türler (304L, 316L) seçilmesi ile önlenebilir.

Tanelerarası korozyona duyarlı hale gelen paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri pek değişmez. Ancak tanelerarası korozyonun gerçekleşmesi halinde , özellikler çok olumsuz etkilenir.

Martenzitik çelikler atmosferik korozyona karşı en yüksek dayanıma sahip olmaları için uygun bir ısıl işlem görmelidirler. Bunlar genellikle tam sertleşmiş durumda en yüksek korozyon direncine sahiptirler. 375°C sıcaklığın altında temperleme, suverme gerilmelerini azaltır ve süneklik ile tokluğu çok olumlu etkiler, bu arada korozyon direnci fazla düşmez. Ancak 375°C-560°C arasında bir temperlemeden kaçınılmalıdır, çünkü hem tokluk hem korozyon direnci düşer.

Ferritik türlerde korozyon direnci bazı ısıl işlemlerden olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle % 10 - % 29 krom içeren sertleştirilmeyen türlerin kaynak sonrasında tavlanması uygun olur. Ostenitiklerde bu sorun, stabilize edilmiş veya düşük karbonlu türler kullanılarak aşılabilir.

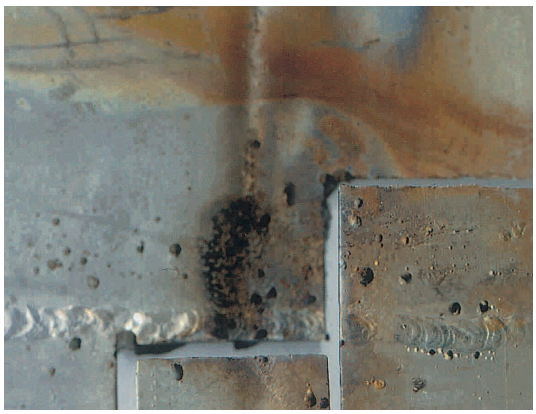
Uygun ısıl işlem yapıldığında ostenitik krom-nikel çelikleri bir çok korozif ortamda pasifliğini korurlar. En iyi korozyon özelliklerine 1040°C-1150°C sıcaklıklarına ısıtılıp hızla soğutulduklarında sahip olurlar.

Bu sayede homojen bir ostenitik içyapı elde edilir. Çarpılmayı önlemek ve tufal temizlemeyi kolaylaştırmak için bu aralığın düşük sıcaklık tarafında çalışılır. Hızlı soğutma önemlidir, küçük parçalar havada soğutulabilir, ancak büyükler suda soğutulmalıdır. Tanelerarası korozyona duyarlı hale gelmeyi önlemek için hazır reçeteler vermek imkansızdır, çünkü bu duyarlılık parça biçim ve kalınlığının dışında, bileşime (karbon miktarına ve krom dışında) karbür yapıcıların miktarına) bağlıdır. Soğuma hızının değerinden daha çok kritik sıcaklık bölgesinde geçin süre önemlidir. Bu bölgenin ortalarında sadece birkaç dakika kalınması, uçlarda saatlerce kalınmasına eşdeğer etki yaratır.

Bazı durumlarda soğuk şekil verme uygulanması, malzemenin korozyona karşı dayanımını düşürür. Ancak bu özel bir durumdur ve çeliğin bileşimi yanında, soğuk şekil verme miktarı, içyapı homojenliği ve ortamın türüne bağlıdır. Mesela, yüzeye soğuk markalama gibi yerel soğuk işlemlerin etkisi çok olumsuz olur.

Kaynak İşleminin Etkisi

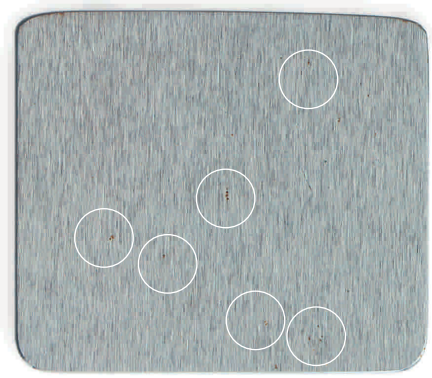
Kaynak sırasında korozyon hassasiyetinin ne oranda ortaya çıkacağı dikişin birim uzunluğu başına ısı girdisine bağlıdır. Ark kaynağı yöntemlerinde yüksek ilerleme hızlarında ısı girdisi düşük olur. Gaz eritme kaynağı paslanmaz çilekler için genellikle kullanılmaz, çünkü yüksek ısı girdisi yanında, karbürleme etkiside vardır.



Şekil 5.5 : Kaynak işleminin korozyon etkisi

Yüzey Durumunun Etkisi

Paslanmaz çeliklerde yeterli bir kullanım ömrü elde edebilmek için yüzey durumuna çok dikkat etmek gerekir. Yüzey düzgünlüğü ve temizliği korozyon problemlerini azaltır. Genellikle düz ve parlatılmış bir yüzey en iyisidir. Pürüzlü yüzeylere yerel korozyona neden olabilecek toz, tuz, nem gibi maddelerin tutunması daha kolay olur.



Şekil 5.6 : Taşlı yüzeyde %5 NaCl çözeltisinin oluşturduğu korozyon

Yağlar, hidrokarbon esaslı solventler veya alkalin temizleyiciler ile giderilebilir, ancak işlem sonrası bu temizleyiciler de tamamen uzaklaştırılmalıdır. Yüzey kirlenmeleri, kesme ve derin çekme işlemleri sırasında da ortaya çıkabilir. Takımlardan yüzeye batan küçük metal parçacıkları uzaklaştırılmaz ise yerel korozyona neden olurlar. Bunların temizlenmesi en iyi şekilde, yaklaşık %20 nitrik asit içeren 50°C-60°C sıcaklıktaki bir çözeltiye daldırılarak gerçekleştirilir.

Kumlama sadece demir içermeyen silis kumu kullanılarak yapılabilir. Eğer metal parçacıklarla temizleme kaçınılmaz ise, işlem sonrası yukarıda bahsedilen çözeltiye daldırılarak temizleme yapılabilir.

Tasarım ve İmalatın Etkisi

Korozyon nedeniyle oluşan hasarlar, çoğu kez malzeme türünü değiştirmeye gerek kalmadan tasarımda yapılacak değişikliklerle önlenebilir. Dikkate alınması gereken hususlar bağlantı tasarımları, yüzey sürekliliği ve çentik etkileridir. Kaynak dikişlerinin yeri, plakaların ekonomik kesimi ve birleşme yerlerinde birbirine uygunluğu düşünülerek belirlenmelidir. Alın kaynakları bindirme kaynaklarına tercih edilmelidir. Bindirme kaçınılmaz ise korozif çözeltilere karşı sızdırmaz yapılmalıdır, aksi halde aralık veya derişiklik pili korozyonu ortaya çıkabilir. Takviye plakalar gibi köşe kaynakları ile çevrilmiş bağlantılardan kaçınılmalıdır. Bu birleştirmelerde tavlama ile giderilmesi çok güç iki eksenli gerilmeler mevcuttur. Paslanmaz çelik bir tank, karbonlu bir çelik ayak üzerinde oturuyorsa, yüksek

sıcaklıklarda bu ayak malzemesinden paslanmaz çeliğe karbon yayınabilir. Bunu önlemek için ayak önce paslanmaz çelik bir plakaya kaynatılmalı ve tank bunun üzerine oturtulmalıdır.

Bunun yanında özellikle gerilmeli korozyon tehlikesinin var olması durumunda, iç gerilmeleri de en aza indirmek çok önemlidir. Dikiş ağızlarının zorlanmadan yanyana getirilmesi, dikiş aralıklarının homojen ve düzgün olması önemlidir. Ayrıca parçaların serbest genleşmesine mümkün olduğunca izin verilmelidir.

5.3. Paslanmaz Çeliklerin Korozyon Türleri

Paslanmaz Çeliklerde Taneleraası Korozyon

Karbon miktarı %0,03 ten fazla olan kararsız (stabilize edilmemiş) ostenitik paslanmaz çeliklerde 550°C-850°C sıcaklık aralığında tane sınırlarında karbür çökelmesi olur ve malzeme tanelerarası korozyona duyarlı hale gelir.
Bu durumu engellemek için:

1. Yüksek sıcaklık (1040-1150°C) tavı ile karbürleri çözmek ve tekrar çökelemeyecekleri bir hızla soğutmak
2. Stabilize (Ti, Nb) paslanmaz çelik kullanmak
3. Karbon miktarını azaltamak

gibi çözümler önerilir. Bu korozyon türüne malzemenin duyarlılığı test etmek için ASTM A262 kodlu standartta verilen deneyi uygulamak gerekir. Atmosferik veya hafif korozif ortamlarda tanelerarası korozyon için tedbir almaya gerek yoktur.

Paslanmaz Çeliklerde Pitting

Tüm yüzeyde pasif olan paslanmaz çeliklerde herhangi bir yerel korozyon olursa başlangıç noktasında hızlı bir ilerleme olur. Çünkü pasif (katot) ve aktif (anot) alanlar arasında bir elektrolitik pil (hücre) ortaya çıkar ve pitting ilerler.
Ortamda klorür içeren çözeltiler varsa aktif-pasif elektrolitik hücreleri hızlanır. Yapıda molibden bulunması ise noktasal korozyon dayanımını artırır.

Aralık Korozyonu

Aynı veya farklı türden iki paslanmaz çelik parçanın bağlantı ve birleşmi yerindeki aralıklarda oluşur. Havalanması zayıf olan dar aralıklardaki sınırlı miktardaki oksijen pasif oksit filmini onaramaz ve bir derişiklik pili oluşur. Ayrıca buralarda korozyonu hızlandıran bir kısım yabancı maddeler birikir. En uygunu bu yerlerin tamamen sızdırmaz yapılmasıdır.

Galvanik ve Derişiklik Pili Korozyonu

Paslanmaz çeliklerde makro ve mikro temas korozyonu (pili) şeklinde genel ve noktasal korozyon türlerine rastlanır. Özellikle paslanmaz çelik kabın içindeki çözeltiye ek olarak bulunan bakır vb. madenî parçacıklar mikro temas korozyonuna yol açar. Paslanmaz çeliklerde en sık rastlanan derişiklik pili elektrolite oksijen girişinin çeşitli bölgelerde farklı olmasından ileri gelen ve paslanmaz çeliğin yüzey pasifliğinin yer yer bozulmasına yol açan havalandırma pilidir.
Bu korozyonun türlerinin hangi ortamlarda ve şartlarda oluştuğu aşağıda örnekler ile anlatılacaktır.

5.4. Paslanmaz Çeliklerin Çeşitli Ortamlarda Korozyon Dayanımı

Atmosferik Korozyon Dayanımı

Hemen hemen bütün paslanmaz çelik türleri, hava kirliliği olmadığı sürece %100 nem altında dahi yüksek korozyon dayanımına sahiptir. Hava kirliliğinin sözkonusu olmadığı ortamlar için malzeme saçimi sadece maliyet, temin edilebilirlik, mekanik özellikler, montaja uygunluk ve görünüm dikkate alınarak yapılır. Havanın kuru olduğu bölgelerde en ekonomik türler seçilebilir.

Sanayi ortamında kullanılacak paslanmaz çeliklerin seçimi havadaki kirliliğe ve görünüm beklentilerine bağlıdır. Görünüm önemli ise 430 serisi tercih edilecek en düşük alaşım türü olmalıdır. 302 serisi paslanmaz çeliklerin de çoğu uygulamalar için yeterli olduğu gözlenmiştir. Sanayi ortamında en çok sorun çıkaran kirlilik klörür veya bileşiklerinden dolalı olanıdır. Su ile sık sık yıkamanın mümkün olmadığı kapalı ortamlarda paslanmaz çeliklerin süratli korozyona maruz kaldıkları gözlenir. Karayolu taşıtlarında en yaygın olarak tercih edilen türler 409, 430, 434

201, 301 ve 304 türleridir. 434 serisi daha çok otomobil parçalarında krom kaplamaya benzeyen görünümü ve kış aylarında uygulanan tuzlamaya karşı korozyon dayanımı sebebiyle tercih edilir. 301 türlü ise iyi şekillendirilebilme ve pekleşme özelliği sonucu sağladığı yaylanma özelliğinden ötürü jant kapaklarında kullanılır. Mukavemet açısından kritik sayılmayan yapı elemanlerında tercih edilen 409 türünün en yaygın kullanım yeri ise uzun yıllardan beri katalitik konvertörler olmuştur.

Deniz Suyunda Korozyon Dayanımı

Deniz suyu veya tuzlu sulu ortamlarda çalışacak paslanmaz çeliklerin seçimi, atmosferde kullanılanlara göre daha karmaşıktır. 304 ve özellikle 316 deniz suyuna en dayanıklı türlerdir. Yalnız akış hızı 1.5 m/s altındaki durgun sularda (mesala kirli liman sularında) 316 da dahil hemen hemen bütün paslanmaz çelikler pitting korozyonuna uğrarlar. Böyle durumlar için özel geliştirilmiş ostenitik ve ferritik alaşımlardan biri tercih edilmelidir.

Paslanmaz çelik ile oluşturulan galvanik çiftler, deniz suyu ortamında diğer malzemelerin süratli korozyona uğramasına yol açar. Deniz kirliliği, oksitleyici olan ortamlar hariç çoğu zaman korozyon dayanımını daha da düşürür. Kavitasyon erozyonu söz konusu olduğunda ise paslanmaz çelikler mükemmel bir performans gösterirler ve gemi pervaneleri ve deniz suyu pompalarında özellikle tercih edilirler.

Kimyasal Ortamlarda Korozyon Dayanımı

Kimyasal ortamlarda paslanmaz çelikler genel korozyon, tanelerarası korozyon, gerilme korozyonu çatlaması, pitting, aralık korozyonu ve/veya galvanik korozyona maruz kalır. Ortamdaki küçük değişiklikler bazen önemli performans değişikliğine yol açabilir; bu nedenle tasarım ve malzeme seçimleri titizlikle yapılmalıdır.

Oda sıcaklığında **asetik asit** için ostenitik paslanmaz çelikler ideal bir seçimdir. 304 ve 347 türleri %99 derişiklikteki saf asitte kaynama sıcaklığının %50'sine kadar varan sıcaklıklarda sadece düşük bir genel korozyona maruz kalıp rahatlıkla kullanılabilirler. Bu türler asetik asite maruz kalan imbik, kazan, ısı değiştiricisi, boru hattı, depo tankı ve pompaların yapımında yaygın olarak kullanılırlar. Bunun yanında, 309 ve 310 türleri %50 derişiklikteki asetik asite kaynama sıcaklığının %99'una kadar iyi bir direnç gösterirler. Diğer hallerde, özellikle asetik asitin içinde paslanmaz çeliğin pasifliğini bozacak başka maddelerin bulunması durumunda testler yapılarak malzemenin davranışı belirlenmelidir. Paslanmaz çelikler **amonyak**ın en yüksek derişiklik seviyelerinde bile çok iyi korozyon dayanımı gösterirler. Kükürt gidericilerin elek ve diğer elemanlarında 304 ve 316 türleri tercih edilir. Su soğutmalı ısı değiştiriciler söz konusu olduğunda,klorlu soğutma suyu altındaki gerilme korozyonu çatlağına karşı 430 türü kullanılır. Ortamda klorür iyonu bulunduğunda ise pitting direnci yüksek 18Cr-2Mo, 26Cr-1Mo ve 29Cr-4Mo gibi türlere yönelinmelidir.

Klorlü çözücülerden, metan, etan, etilen, propan ve benzenin halojen türevlerinin kullanıldığı kuru temizleme, metal temizleme, buharla yağ giderme ve çözücü ekstraksiyonu gibi uygulamalarda,su bulunmadığı müddetçe paslanmaz çelikler hiç problemsiz kullanılabilir. Su bulunması halinde ortamdaki metalin de varlığıyla hidroklorik asit veya organik asitler meydana gelir. Bu gibi hallerde 316 ve 317 türlerinde pitting korozyonuna dikkat edilmelidir. Kaynaklı birleşme noktalarında ise tanelerarası korozyon ortaya çıkabilir ve test yapılması önerilir.

Kromik asit yüksek oksitleme özelliğine sahip olmasına rağmen paslanmaz çeliklerde korozyona sebep olur. Paslanmaz çelikler kromik asit ile ancak düşük derişiklikte ve/veya düşük sıcaklıklarda kullanılabilirler.

Sitrik asit oksitleyici olmayan bir asittir ve paslanmaz çeliklerde asetik aside göre daha az koroziftir. Düşük sıcaklık ve derişiklikte rahatlıkla kullanılabilirler. Yüksek sıcaklık yüksek derişiklik ve klorür katışmış olması söz konusu olduğunda yüksek alaşımlı türler tercih edilmelidir.

Metil-, etil-, propil- ve vinil-asetat gibi **esterler**in saf halde paslanmaz çeliklerde hiçbir korozif etkileri yoktur. Sadece esterleme sürecinde ortama katalizör olarak katılan sülfürik asitden dolayı oluşabilecek korozyon hesaba katılmalıdır.

5.4. Paslanmaz Çeliklerin Çeşitli Ortamlarda Korozyon Dayanımı

5

Asetik asit ve formik asit gibi düşük moleküler ağırlıklı **yağ asitleri**nin bulunduğu ortamlarda 18-8 paslanmazlar kullanılır. Palmitik ve stearik asit gibi yüksek molekül ağırlığı olan asitler ise daha az koroziftirler. Bu asitlerde kullanılan 18-8 türü alaşımların faydası, küçük renk ve koku değişimleri veya diğer kontaminasyonların 175°C sıcaklığa kadar önlenmiş olmasıdır.175°C üstü sıcaklıklarda pitting ve genel korozyonun önlenebilmesi için 316 türü paslanmaz çeliklerin kullanımı gerekir. Yüksek basınçlı yağ asidi buharı söz konusu olduğunda da yine 316 serisi paslanmaz çelikler kullanılır. Yağ asidi ve klörür karışımlarında gerilme korozyonu çatlağı hesaba katılmalıdır.

Paslanmaz çelikler **gübre** makina ve teçhizatında pek çok yerde kullanılır. Kuru gübrelerde 409 tipi, sıvı gübrelere ise 304 tipi tercih edilir.

Paslanmaz çeliklerin **formik asit**teki davranışı asetik asittekine çok benzer. Çoğu zaman korozyon biraz daha hızlıdır. Formik asit içinde bulunabilen katışkılardan formaldehit, pitting korozyonuna yol açar. Oda sıcaklığında ostenitik çeliklerin tamamı formik aside dirençlidir. Yüksek sıcaklık uygulamalarında yüksek kromlu molibdenli ferritik tipler kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelikler korozyon açısından genel olarak **hidroklorik asid**e dirençli bir malzeme değildir ve tavsiye edilmezler. Ancak iyi havalandırılan seyreltik çözeltilerde 316, 317 ve 329 türü alaşımlar kullanılabilir. Paslanmaz çelik ile bir başka alaşımdan oluşan metal çiftlerinden (pillerinden) özellikle kaçınılmalıdır, çünkü birleşme yerlerinde korozyon daha da hızlanır.

Hidroflorik asit söz konusu olduğunda çok düşük sıcaklık ve derişiklik durumları haricinde paslanmaz çelikler çok süratli korozyona maruz kalırlar ve dolayısıyla sınırlı bir kullanım alanı vardır.

Saf **laktik asit**te molibden ihtiva eder alaşımların daha yüksek korozyon dayanımı gösterdikleri gözlenmiştir. Korozyon hızı ortama klorür ve sülfatların katılımı sonucu hızlanır. 95°C üstü sıcaklıklarda paslanmaz çelikler laktik asitle birlikte kullanıma uygun değildir.

Paslanmaz çelikler **monoetanolamin**e karşı mükemmel korozyon dayanımı gösterirler. Özellikle tekrar ısıtma kazanı, ısı değiştiricisi, boru ve CO_2 ayrıştırıcısı kolonlarında karbon çeliklerine tercih edilirler. Bu durumlarda 304 tipi genellikle yeterlidir.

Paslanmaz çeliklerin sanayide ilk uygulamalarından biri 430 ve 304 tipleri ile **nitrik asit** ortamında kullanılmasıdır. Günümüzdeki uygulumalarda 304L ve 347 tipleri kaynaklı montaj sonrasında ısıl işleme gerek kalmaksızın yeterli korozyon dayanımı sağlamaktadır. Oda sıcaklığında %94 derişikliğe kadar nitrik asit paslanmaz çelikte önemli bir korozyona yol açmazken, derişiklik, sıcaklık ve basıncın arttığı hallerde korozyonun süratle arttığı gözlenmiştir.

Nitrik asit içindeki paslanmaz çelikler havalandırma, akışkanın hızı ve hareketlerinden fazla etkilenmezler, çünkü nitrik asidin kendisi oksitleyicidir, pasifliği destekler ve dolayısiyle pitting veya gerileme korozyonu çatlağına yol açmaz. Yalnız %0,03 den fazla karbon içeren, iyi bir ısıl işlem ile stabilize olmamış malzemede tanelerarası korozyon ortaya çıkabilir. Bu durum ortama hidroflorik asidin eklenmesiyle daha da kötüleşir. Bunun yanında nitrik asit, sülfürik asit gibi bazı ortamlarda belli oranlarda karışık bulunduğunda paslanmaz çeliklerde pasifliği destekler ve korozif etkiyi azaltır. Nitrik asit uygulamaları, kesinlikle kapsamlı bir araştırma ve deneme sonucunda yapılmalıdır.

Paslanmaz çeliklerin **fosforik asid**e karşı dayanımı derişiklik, sıcaklık, ortamdaki katışkılar ve alaşım türüne bağlıdır. Yüksek molibdenli ve yüksek molibden/kromlu ferritik türler yüksek derişikliklerde de korozyon dayanımına sahiptirler.

65°C'a kadar bütün paslanmaz çelikler **sodyum hidroksit** çözeltilerinde iyi korozyon dayanımı gösterirler. 65°C'ın üstünde ise yüksek krom ve molibden içeren ferritik alaşımların kullanılması gerekir. **Sülfür ürünleri**nin bulunduğu ortamlarda karbon çelikleri ve paslanmaz çelikler yüksek korozyon dayanımı gösterirler. Genellikle 300 serisi paslanmaz çeliklerin kullanıldığı bu ortamlarda paslanmaz çeliklerin korozyon hızı, sıcaklığa ve havadaki sülfirik asit buharı oranına bağlıdır.

8-8 türünde paslanmaz çelikler, **sülfirik asit**ten doğabilecek korozyona karşı da değişik sıcaklık ve derişiklik aralıklarında

dayanıklıdırlar. %80-100 derişiklikteki sülfürik asitler oda sıcaklığındaki kaplarda güvenle saklanabilirler. %1-5 derişiklikte ise 316 ve özellikle 65°C'da daha yüksek oranda molibdenli 317 serisi kullanılabilir. Saf alaşımlardaki bu karmaşık durum ortama nitrit asit ve bakır tuzları gibi maddelerin eklenmesiyle daha da karmaşık bir hal almaktadır.
Söz konusu maddeler paslanmaz çeliklerin kullanım alanını genişletirler. Hidrojen gibi indirgeyici elemanlar ise korozyon dayanımını düşürürler. Bu durumlarda yapılacak seçimler mutlaka deneylerle doğrulanmalıdır. Sülfürik asit ortamına nitrik asit, kromik asit ve sodyum bikromat gibi oksitleyici elemanlar az miktarlarda eklendiğinde özellikle 304 ve 316 tipi paslanmaz çeliklerin güvenle kullanılabilecekleri gözlenmiştir.

Kükürt dioksit ve **sülfürik asit** ortamında molibden katkılı alaşımların korozyon açısından daha dayanıklı oldukları gözlenmiştir. Bu ortamlarda aralık korozyonunun önlenmesi için yüzeyler temiz ve pürüzsüz tutulmalı, parçacık yapışması önlenmeli, 90°'lik dirsekler ve bindirme kaynaklarından sakınılmalıdır. Sülfürik asit ortamında kullanılacak paslanmaz çeliklerde, pekleşme sonucu sertlik değeri 96 HRB'nin üstüne çıktığında gerilme korozyonu çatlağı tehlikesi ortaya çıkabilir ve bu durum ancak ısıl işlem ile önlenebilir. Sülfürik asit yanında havaya asılı parçacıkların bulunduğu ortamlarda pompa kanatçıklarında süratli bir erozyon korozyonu gözlenmiştir. Bu uygulamalarda 316 gibi alaşımlar en uzun kullanım ömrünü sağlamaktadır.

İlaç Sanayiinde Korozyon Dayanımı:

İlaç sanayii ve hassas kimyasallarda 18-8 serisi alaşımlar korozif olan ve olmayan ortamlarda gerekli temizlik (sanitasyon) şartlarını sağlamak amacıyla tercih edilirler. Bu tür kimyasalların bulunduğu ortamlarda korozyondan çok, bileşim, saflık, renk ve kokunun korunması daha büyük önem kazanmaktadır.
C vitamini çözeltisine karşı bakır kalıntılarından arındırılmış bir paslanmaz çelik mükemmel bir seçimdir. Bunun yanında B6 vitamini çözeltisinde paslanmaz çelik alaşımı içindeki demir, vitamin yapısını bozmaktadır. Geçmişten beri 304 ve 316 tipleri yıkayıcı, evaporatör, alkollü içecek teçhizatı, kazan, tank ve borularda tercih edilmişlerdir.
Paslanmaz çeliklerin kağıt ve kraft endüstrisinde kullanım nedeni sadece korozyon dayanımı olmayıp, yüzeyde birikim ve kabuklaşmaya izin vermemesi ve mekanik ve fiziksel özelliklerinden dolayı olmuştur.

Gıda Sanayiinde Korozyon Dayanımı

Paslanmaz çelikler gıda işleme ve depolama teçhizatında sadece korozyon dayanımı dolayısıyla değil, kolay temizlenebilmeleri ve temiz kalmaları sayesinde de yaygın olarak kullanılır. Uygulamalar arasında pompalar, borular, tanklar, ısıtıcılar dolum makinaları, ısı değiştiricileri ve vakum tankları sayılabilir. Sürekli su duşu veya akışının olduğu gıda veya gıda kabı yıkama makinalarında, paslanmaz çelikler korozyon dayanımları ve uzun ömürlerinden dolayı tercih edilirler. İçinde tuz ve sirke içeren turşu suları veya çeşitli sosların bulunduğu kaplar ve borularda pitting ve aralık korozyonunda dayanıklı özel alaşımların kullanılması gerekir. Hava/buhar tahliye borularında 304, fan kanatçıklarında 316 tipi kullanılabilir. Turşu suyu vb. kimyasallar haricindeki sıvı depolarında 316L veya ısıl işleme tabi tutulmuş, kumlanmış ve pasifleştirilmiş 316 kullanılır. Kuru katkı maddesi tamburlarında ise 304 tercih edilir. Daha korozif gıdalar için ise çok düşük karbonlu paslanmaz çeliklere yönelmek gerekir.

Yüksek Sıcaklıkta Korozyon Dayanımı

Paslanmaz çeliklerin yüksek sıcaklık uygulamalarında çoğu zaman ergimiş maddelerle temas söz konusudur. 18-8 paslanmaz çelikler ergimiş sodyum karşısında 540°C'a kadar korozyondan hiç etkilenmezler ve 870°C'a kadar da korozyonda önemli bir artış gözlenmez. Fakat ortama az miktarda oksijen katılması sonucu korozyon direnci aniden düşer. Değişken şartlar altındaki ergimiş kurşun yanında, oksitleyici etkiye sahip ergimiş haldeki alüminyum, çinko, kalay, bizmut, antimon ve kadmiyum gibi metaller de süratli bir genel korozyon oluştururlar.

İmalat

6

Paslanmaz Çeliklerle İmalat

6

Paslanmaz Çeliklerle İmalat

6.1. Genel

Paslanmaz çelik malzeme ile yapılan imalat, karbon ve az alaşımlı çeliklerden daha farklı özellikler taşır. Bu farklılık, genellikle malzemelerin akma dayanımı ile pekleşme davranışlarının değişik olmasından kaynaklanır ve her bir paslanmaz çelik türü için ayrı ayrı ele alınması gerekir. Tablo-6.1 'de başlıca paslanmaz çelik kalitelerinin imalat özellikleri toplu olarak verilmiştir.

Kısaltmalar: ***: Çok iyi, **: İyi, * Orta, °: Zayıf(tavsiye edilmeyen), -: Mümkün değil,+: Mümkün

Grup	Ostenitikler					Ferritik		Martenzitik		
Kaliteler İşlemler	201, 202, 302, 302 304, 304L, 305	303[1]	309 310	316 316L 317 317LMN	321 347	430 439	405 442 446	403 410	420	440A 440C
Pul kesme	*	*	*	*	*	***	***	***	***	**
Delme	*		*	*	*	**	**	**	**	**
Kesme (soğuk)	*	*	*	*	*	**	**	**	**	*
Derin çekme	***	-	**	***	**	**	*	*	o	o
Sıcak Şekillendirme	**	*	**	**	**	**	**	**	**	**
Soğuk Şekillendirme	**	*	**	**	**	**	**	**	*	o
Tornada sıvama	**	-	**	**	**	**	**	**	o	o
Işıl işlemle sertleşt.	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Taşlama	*	**	*	*	*	*	*	**	***	***
Manyetik Taşlama	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Keçeleme	**	-	**	**	**	**	**	**	**	**
Parlatma	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Sıcak perçinleme	**	*	**	**	**	**	**	**	**	o
Soğuk perçinleme	**	*	**	**	**	**	**	**	**	o
Lehimleme	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sert lehim	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sert lehim (gümüş)	**		**	**	**	**	**	**	**	**
Kaynaklama	***	o	***	***	***	*	*	*	*	*
Talaşlı imalat	*	**	*	*	*	**	*	**	*	

1) Talaşlı imalat için geliştirilmiş malzeme (benzerleri arasında 416, 420F, 430F ve 440F sayılabilir.)

Tablo 6.1: Paslanmaz çeliklerin imalat özellikleri

Paslanmaz çeliklerin soğuk şekillendirme kabiliyetini etkileyen özellikleri akma ve çekme dayanımı, süneklik, pekleşme özelliği ve kesit daralması değerleridir. Şekil verme kabiliyeti bakımından ortak özellikler olarak şunlar sıralanabilir:

a. Paslanmaz çeliklerin dayanımı, sertliği ve sünekliği genellikle daha yüksektir.
b. Daha hızlı pekleşirler(yani şekil verdikçe dayanımları hızla artar)
c. İmalat sonunda parça yüzeyinde korozyona karşı koruyucu bir oksit filmine sahip olması gerektiği dikkate alınmalıdır.

Bu nedenlerle, genel olarak, imalat sırasında daha fazla güç kullanılması ve kullanılan takım, kalıp, aparat ve ekipmanlarının daha sık tamiri veya değiştirilmesi ve yüzeye daha fazla özen gösterilmesi gerekir.

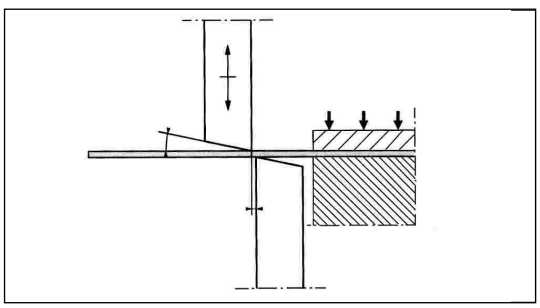
6.2. Kesme

Aşağıda paslanmaz çeliklerin değişik yöntemlerle kesilmesi hakkında özet bilgiler verilmiştir. Tüm kesme işlemlerinde dikkat edilmesi gereken ortak özellikler şunlardır:

• Demir esaslı (demir veya çelik) parçacıklarla kirlenme önlenmelidir.
• Mekanik olarak kesilen yüzeylerde koruyucu oksit filmi doğal olarak tekrar oluşur. Bu film oluşumu kimyasal pasivasyon işlemiyle hızlandırılabilir.
• Isıl yöntemlerle kesilen yüzeyler kimyasal ve metalurjik olarak değişime uğrarlar. Mekanik ve korozyon özelliklerinde olumsuzluklar yaşamamak için bu tabakaların uzaklaştırılması gerekir.

Makasla Kesme:

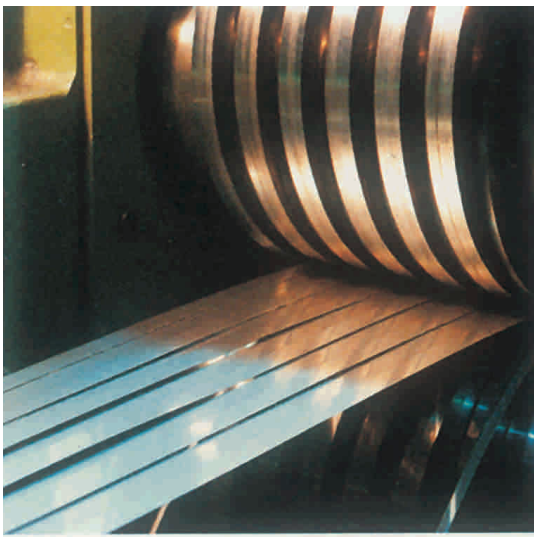
Paslanmaz çelik sacların kesilmesi, pekleşme özelliklerinden dolayı eşdeğer karbonlu saclara göre daha fazla kuvvet gerektirir. Malzeme sünek olduğundan kesme boşluğu dar olmamalıdır. 2 mm'den kalın saclarda kalınlığın %5'i, daha ince saclarda kalınlığın %3'ünün kesme boşluğu olarak alınması tavsiye edilir.



Şekil 6.1: Kesme bıçak boşluğu

Dilme:

Dilme daha büyük endeki bir ruloda dar şeritler elde edilmesi işlemidir. Bu proses, tipik olarak dikişli boru üretimi için gerekli olan dar şeritlerin elde edilmesinde kullanılır. Kesim yüzeylerinin çapaksız olması önem taşır. Bunun için dairesel bıçakların arasındaki kesme boşluğu, bıçakların dalma mesafeleri (penetrasyon) ve kesme hızı önem taşır. Bıçak boşluğunun kesilecek malzeme kalınlığının %5'i civarında olması önerilir. Penetrasyon değiri malzeme cinsi ve kalınlığına göre farklılık gösterir. Kesme hızı ise malzeme cinsi ve kalınlığına bağlı olarak 60 ila 200 m/dak. arasında değişebilir.



Şekil 6.2 : Dilme prosesi

Testere ile Kesme:

Paslanmaz çelikler el veya mekanik testerelerle kesilebilir. Her iki durumda da yüksek hız çeliğinden yapılmış testerelerin ve uygun kesme sıvılarının kullanılması tavsiye edilir. Ostenitiklerin kesilmesi daha güçtür.

Kalıpta Kesme:

Yağlayıcı kullanmadan kesme yapılabilir, ancak kullanılması halinde kuvvet ve güç ihtiyacı düşer, dolayısıylı takım ömrü artar. Kesme boşluğunun doğru ayarlanması çok önemlidir. Dar boşluklar hassas ayar gerektirir ve kalıp aşınmasını artırır. Gereğinden büyük boşluklar ise sünek paslanmaz çeliklerde kesme yüzeyinin bozulmasına yol açar. En uygun boşluğun bulunmasında biraz deneyim gerekir, bu değer kullanılan takım, iş parçası geometrisi ve malzeme özelliklerine bağlı olarak değişir.

Delme ve pul kesme kalıpları da karbon çelikleri için yapılanlara kıyasla daha hassas yapılmalıdır. Kesme boşluğu ve kalınlığın %10'unu geçmemelidir. 1 mm ve daha ince saclarda, tavsiye edilen kesme boşluğu (her tarafta) 0,025 ile 0,035 mm arasındadır. Kesme kuvvetinin düşürülmesi için kalıp veya zımbanın açılı yapılması gerekebilir. Zımba üstüne malzemenin kaynamasının önlenmesi için yüksek viskoziteli yağlayıcılar kullanılır. Delik delme işlemlerinde, en düşük çap, sac, kalınlığının iki katından az olmamalıdır. Birden fazla delik olduğunda, deliklerarası uzaklık en az saç kalınlığı kadar olmalıdır.

Aşındırıcılar ile Kesme:
Küçük kesitlerin ve ince yassı ürünlerin kesilmesinde kullanılabilir. Genellikle uygun bir yağ emülsiyonu kullanılarak uygulanır. Kesme kenarının ısınmamasına özen gösterilmelidir.

Isıl Kesme:
Paslanmaz çeliklerin bileşiminde yüksek oranda krom bulunduğundan ve krom oksitin erime sıcaklığı çok yüksek olduğundan normal oksijenle kesme yöntemi bu malzemeler için yetersiz kalır. Bunun yerine metal tozlu kesme kullanılabilir. Bu yöntemde oksi-asetilen gaz alevinde demirce zengin bir metal tozu püskürtülür ve bunun yanması sonucu oluşan ısı, eritmeye yeterli olur. Bir diğer seçenek de elektrik arkının oluşturduğu yüksek ısı yardımıyla kesme yapmaktır. Çok farklı elektrot ve gazların kullanıldığı değişik arkla kesme yöntemleri geliştirilmiştir.

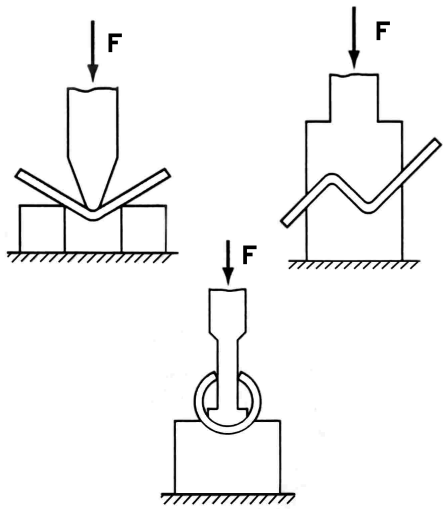
6.3. Bükme ve Kenarlama

Paslanmazların bükme ve kenarlama işlemleri de diğer çeliklere oranla daha fazla özen ve % 50-60 daha fazla kuvvet gerektirir. Bunun yanında geri yaylanma miktarı da karbon çeliklerine göre çok daha fazladır. Tavlanmış haldeki çeliklerin bükme ekseni hadeleme yönünde parelel veya dik secilebilir. Ancak ferritik çeliklerin bükme ekseni haddeleme yönüne dik tutulmalı ve bükme radyüsü saç kalınlığının 2 katından az olmamalıdır. (Bkz. Tablo 6.2). Özellikle kenarlamada zımba (burun) yarıçapı, bükme radyüsünün 8 katı kadar olmalı ve zımbanın sac yüzeyine hasar vermesi önlenmelidir. Kenarlamada kalıp-ıstampa arası boşluk sac kalınlığından en az %10 fazla tutulmalı ve arada sac sıkışması ve çizilmesi önlenmelidir. Kalıp yüzeyleri taşlama sonrası elle veya makina ile çok iyi parlatılmalı ve her türlü çapak, metal artığı, toz vb. kalıntılar tamamen uzaklaştırılmalıdır.

Paslanmaz Çelik Türü	R/t Oranı
Tavlanmış Çelikler	0.5 - 1.5
Sertleştirilmiş ve pekleşmiş çelikler	
Çeyrek Sert	1 - 2
Yarı Sert	2.5 - 4
Tam Sert	4 - 6

Tablo 6.2: Abkant preste bükme işleminde en küçük bükme yarıçapları (R: Yarıçap, t: saç kalınlığı)

Silindirik kazan ve depo yapımında kullanılan merdaneli kıvırma işlemi karbon çeliklerine benzer şekilde yapılır, ancak daha fazla geri yaylanma oluşacağı hesaba katılmalıdır. Silindir makinesinde profil bükme işleminde de geri yaylanma dikkate alınmalı, malzeme yüzeylerinin çizilmemesi için yüksek viskoziteli yağlar tercih edilmeli, merdane yüzeyleri de krom-nikel veya titanyum nitrür ile kaplanmalıdır.



Şekil 6.3 : Bükme

6.4. Derin Çekme-Germe

Sünek olmaları nedeniyle özellikle soğuk sac şekillendirmede en çok kullanılan ostentik paslanmaz çeliklerdir. Bu malzemelere yüksek oranlarda çekme uygulanabilir. 201 ve 301 kaliteleri iki eksenli germe ile % 35 ' den daha fazla şekillendirilebilir, çünkü şekillendirme sırasında kısmen martenzitik dönüşüm olması metalin büzülmeye direnç

göstermesini ve daha büyük miktarlarda üniform şekil değiştirmesini sağlar. Ferritik türlerin de şekil değiştirme kabiliyetleri iyidir; ancak bunlar daha az sünek olduklarından bu alaşımların şekillendirilme özelliği daha sınırlıdır, dolayısıyla çoğu zaman ara tav gereği ortaya çıkabilir. Ara tav sonrasında asitle temizleme işlemi yapılmalı ve paslanmazlığın muhavazası için bunu bir pasivasyon işlemi izlemelidir. Ostentik çeliklerin derin çekme sonrasında parlatılmaları için en uygun malzeme kromoksittir. Az alaşımlı martenzitik paslanmazlar şekillendirilebilirler ancak genel olarak martenzitik paslanmaz çeliklerin derin çekmeye uygun olmadığı söylenebilir. Kullanılacak şekil verme yöntemi, kullanılan çelik türünün karakteristiğine ve parçanın kalınlığına uygun olarak seçilmelidir. Yukarıda belirtildiği gibi, paslanmazlar için güç gereksinimi, özellikle ostenitiklerde, daha yüksektir, çünkü bunlar ferritiklerden daha hızlı pekleşirler. Karbon çeliklerine soğuk olarak şekil verilebilen kalınlıklarda, paslanmaz malzemeler için sıcak veya yarı-sıcak olarak şekillendirme uygulanması gerekebilir.

6.3. Derin Çekme-Germe

6

Şekil 6.4 : Derin Çekme

Ostentik çelikler arasında 301 kalite krom ve nikel oranı en düşük olandır ve yüksek pekleşme özelliği ile yüksek çekme dayanımına sahiptir. Bu özelliği ile şekillendirme ile imal edilmiş yapı elemanlerında kullanımı yaygın iken derin çekme işlemine uygun değildir. Daha fazla krom ve nikel içeren 304, 304L ve 305 gibi alaşımlar daha az pekleşirler ve derin çekme ve benzeri şekillendirme işlemlerinde en yaygın olarak kullanılan ostenitik paslanmaz çelik malzeme bunlardır. 302 kalite çelik, 301 ve 304 arasındaki mekanik davranışıyla bir ara çözüm oluşturmaktadır. Niyobyum, titanyum, tantal gibi stabilizatör alaşım elementleri ve artan oranda karbon içeren 321 ve 347 alaşımlarının şekillendirilebildiği daha düşüktür.

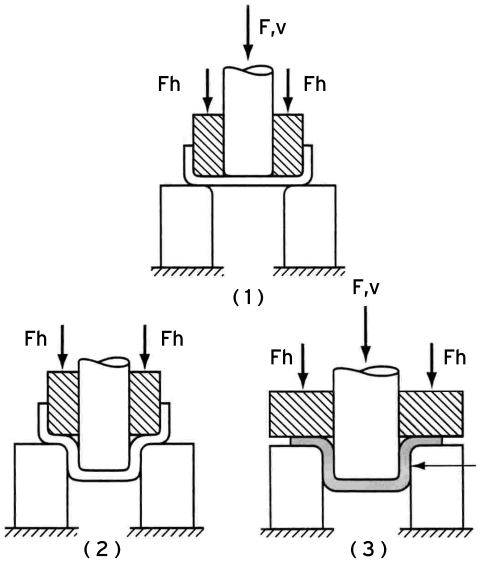
Paslanmaz çelik malzemelerin derin çekilebilme kabiliyetini gösteren en uygun ölçüt, malzemeye ait "sınır çekme oranı" değeridir.

Derin çekme işleminde çekme oranı:

$$\frac{\text{Ürünün (pulun) başlangıç çapı}}{\text{Çekme sonrası çap}}$$

olarak tarif edilir ve problemsiz bir derin çekme için bu değerin malzemeye ait "sınır çekme oranı",(β) değerinden küçük olarak seçilmesi gerekir.

Ostentik paslanmaz çelikler hızlı pekleşme özellikleri olmasına rağmen ilk çekme işleminde yüksek çekme oranlarına ulaşılabilir β = 2,1. Malzemenin sadece ostentik olduğu biliyor, fakat daha fazla ayrıntılı bilgi yok ise, çekme oranı olarak 1,8 değerinin üzerine çıkılmamalıdır. Paslanmaz çelik derin çekmesinde kullanılan takımlar, normal karbonlu çeliklerinkinden daha güçlü yapılmalıdır, çünkü etkiyen kuvvetlerinin düşük karbonlu çeliklerden %50..100 daha fazla olması beklenir. Çekme birden fazla kademede yapılacak ise, kademeler arasında parçalar 7 ila 10 dakika süre ile 1000°C - 1100 °C arasında tavlanmalıdır. Tav sonrasında soğutma suda veya basınçlı hava ile yapılmalıdır. Tav öncesinde yağ artıklarının tümünün giderileceği bir



Şekil 6.4 : Derin Çekme

temizleme yapılması gereklidir. Şekil verme hızları düşük tutulmalıdır, aksi halde takım aşınması çok yüksek olur. Pot çemberi basıncı katlanmaları önleyecek derece yüksek olmalıdır, ilk derin çekme kademesinde sorun çıkmaz ise daha sonraki kademelerde genellikle sorun çıkmaz. Ancak pot oluşmuş ise bunun ilerdeki kademelerde giderilmesi mümkün değildir.

Ferritik çeliklerde akma ve çekme dayanımları arasındaki fark, ostenitik çeliklerden daha azdır, yani daha az pekleşirler, fakat bunun yanında süneklikleri de daha düşüktür. En çok tüketilen sac malzemeler arasında 409 ve 430 kalite çelikler sayılabilir. Kullanımları 304 kalite ostentik kadar yaygın olmasa da, özellikle 430 kalite saclar her türlü parlak paslanmaz çelik uygulamasında tercih edilirler. Ferritik çelikler daha ilk derin çekme kademesi için bile çok iyi değillerdir. Yani derin çekme oranları ostenitikler kadar yüksek seçilemez. β değeri ender olarak 1,55 değerinden yüksek seçilebilir. Çok kademeli çekmelerde 750- 800°C arasında kısa bir ara tav ile derin çekmeye devam edilebilir, ikinci kademede β = 1,28 ve üçüncü kademede ise β = 1,2 değerleri kullanılabilir. Malzemenin daha iyi şekillendirilebilmesini sağlamak için, bazı durumlurda yarı sıcak (ılık) derin çekme yapılabilir. Sıcaklık ince saclarda 100°C, kalın saclarda ise 300°C civarında seçilebilir. Martenzitik kaliteler arasında sadece 403, 410 ve 414 kaliteler soğuk şekillendirme için tavsiye edilir. Bu alaşımlarda akma ve çekme dayanımları ve şekillendirme için gerekli kuvvet ve enerji gerek ostenitik ve ferritik çeliklere gerekse karbon çeliklerine oranla çok yüksektir. Daha fazla karbon içermeleri nedeniyle diğer martenzitik çeliklerin soğuk şekillendirilebilirliği çok düşüktür ve genellikle ancak yarı-sıcak (ılık) durumda işlenirler. Yüksek karbonlu martenzitik türlerden 440A, 440B ve 440C kaliteler ise çok daha düşük şekillendirme kabiliyetine sahiptir. Bu çeliklerden yapılma sac parçanın pekleşme sonrası sertliği yeterli bulunmazsa, genellikle havada su verilerek 60 HRC'ye kadar yükseltilebilir.

Dubleks çeliklerin akma dayanımları ostenitiklerin yaklaşık olarak iki katıdır. Kopma uzamaları (süneklik), tokluk ve pekleşme özellikleri ise ostenitik ve ferritiklerin sahip olduğu değerler arasındadır. Sac parçalardaki kenar-köşe radyüsleri ostenitiklerden daha büyük tutulmalı, %25'ten fazla şekillendirme gerektiğinde aratav uygulanmalıdır. Yaşlandırılabilir çelik sacların şekillendirmesi ise diğer dört sınıf alaşıma göre daha ender olarak uygulanır. Bu durum özellikle martenzitik çeliklerin sertliğinin yeterli bulunmadığı parçalar için söz konusudur. Bu alaşımlar çözme tavı sonrası yumuşak halde iken şekillendirilir ve daha sonra çökelme sertleşmesi (yaşlandırma) işlemi ile istenen sertlik değerine ulaşılır.

Paslanmaz çeliklerin derin çekmesinde alaşım türü yanında içyapı özellikleri de önem taşır. Bunlar arasında tane büyüklüğü en önemlisidir. Tane büyüklüğü arttıkça yüzeyde portakallaşma tehlikesi ortaya çıkmakta, çok küçük olduğunda ise akma dayanımı arttığından derin çekme zorlaşarak imkansız hale gelmektedir. ASTM standartlarına göre tane büyüklüğü 00 en büyük, 13 ise en küçük olmak üzere sıralanmıştır. Bu skalaya göre, genel olarak tane büyüklüğü 6-10 arasında olan saclar derin çekme, 9-12 arasında olanlar ise (mekanik) kesme için en uygun görülenlerdir. Derin çekme ve sıvamada yaygın olarak kullanılan alaşımlardan 304, 305, 316 ve 430 sacların DQ (draw quality) ve DDQ (deep draw quality) kodlu çekme ve derin çekme kalitesindeki ticari formları bu özellikteki sacları ifade etmektedir.

Derin çekmede etkili bir diğer özellik de yöne bağımlılıktır (anizotropi), yani malzeme özellikleri haddeleme yönünde ve buna dik yönde farklılıklar gösterir. Soğuk haddelenmiş ve ince saclarda, sıcak haddelenmiş kalın saclara göre daha belirgin olarak ortaya çıkabilen bu özelliğin etkileri, derin çekmede pot çemberi basıncının yerel olarak ayarlanması ile kontrol edilebilir.

Derin çekme-sıvama kalıplarının tasarımında dikkat edilecek konulardan biri de geri yaylanmadır. Karbon çeliklerine göre yüksek akma ve çekme dayanımı, kalıp tasarımında aynı oranda yüksek geri yaylanma telafisi veya şekillendirme sırasında daha yüksek pot çemberi basıncı gerektirir. Paslanmaz çeliklerin derin çekme işleminde dikkat edilmesi gereken önemli diğer konular ise: kalıp kaplamaları, yağlama ve

6.4. Derin Çekme-Germe

6

şekillendirilecek malzeme ile ortamın temizliğidir. Derin çekme, sıvama ve kenarlama kalıplarında tavsiye edilen kaplamalar arasında CVD ile kaplanmış titanyum karbür (TİC), titanyum nitrüt (TİN) ve titanyum karbonitrür (TİCN) vardır. Sıyırıcı veya pot kullanılan kalıplarda, pot yüzeyleri kauçuk veya plastik ile kaplanmalı ve basma altında oluşabilecek yüzey hasarları önlenmelidir.

Paslanmaz çeliklerin yüzeyi, sürtünme nedeniyle diğer çeliklere kıyasla kolay çizilir, dolayısıyla şekillendirmede yağlamaya daha fazla özen göstermek gerekir. Bu amaçla kullanılan madeni yağlar çoğu zaman yetersiz kalır, bu nedenle yüksek basınca dayanıklı hidrokarbon ve polimerler içeren yüksek ıslatıcılığa sahip özel kaydırıcı yağlar kullanılabilir. Yağlayıcı kullanımı konusunda değişik deneyimler mevcuttur. Yüzeye grafit-su karışımı sürülerek, çekmeden önce kuruması beklenebilir. Ayrıca çekmede kullanılan diğer yağlara bir miktar grafit katılarak işlem yapılabilir. Ara tav gereği var ise en uygunu grafitten yararlanmaktır, diğer yağlayıcıların tav öncesi uzaklaştırılması gereği vardır.

Paslanmaz çelik işlenen preshanelerde en çok dikkat edilmesi ve önlenmesi gereken durum karbon çeliği artıkları ve tozlarının paslanmaz çelik saclar üzerine yapışması ve kırmızı pas oluşmasıdır. Aynı atelye veya fabrikada karbon çelikleri de işleniyorsa, tezgahtarlar olabildiğince uzak tutulmalı, mümkünse farklı taşıma-aktarma makina veya araçları kullanılmalı, eğer farklı taşıyıcı kullanımı mümkün değilse, paslanmaz çelik saclar taşınmadan önce temas bölgeleri çok iyi temizlenmelidir. İmalat sırasında taşıma-aktarma faaliyetleri planlı ve iyi tanımlanmış şekilde yürütülmeli, öngörülen temizliğin ihmali veya unutulmasına fırsat verilmemelidir.

Paslanmaz çelik sacların şekil değiştirme hızına duyarlığı karbon çeliklere göre daha fazla olduğundan, preste şekillendirilmede daha düşük hızlar kullanılması tavsiye edilir. Bu sayede hem gereken kuvvetler düşer, hem de sünekliğin de hissedilir derecede arttığı görülür. Çekme aralığı olarak da kalınlığın % 20..35 fazlası önerilmektedir. Matris köşelerinde yuvarlatma yarıçapı olarak kalınlığın 5 ila 10 katı tavsiye edilir. Zımba kenarlarında ise yuvarlatma yarıçapı olarak kalınlığın 5 katı önerilmektedir.

6.5. (Tornada) Sıvama

Ostentik çelik saclar süneklikleri sayesinde kolaylıkla (tornada) sıvanabilirler, ancak yüksek pekleşme özellikleri nedeniyle daha fazla kuvvet uygulanması gerekir. Buna bağlı olarak geri yaylanmaları da daha fazladır. Ferritik çeliklerin sıvanması ise daha zor ve kısıtlıdır. İyi bir yağlayıcı kullanımı çok önem taşır. Toplam şekil değiştirme miktarına bağlı olarak ara tav gerekebilir. Tavlama öncesi parça üzerindeki yağların çok iyi temizlenmesi gerekir.

6.6. Sıcak Dövme

Hemen bütün paslanmaz çelik türleri dövme ile şekillendirilebilir, yalnız alaşım oranı yükseldikçe dövme işlemi giderek zorlaşır. Özellikle yüksek alaşımlı malzemelerin yüzeylerinde işlemin hemen başında çatlaklar oluşabilir.

Sanayide yaygın olarak kullanılan çeliklerin dövme sıcaklıkları Tablo 6.3'te özetlenmiştir. Ostentik çeliklerde sıcaklık aralığının genişliği, malzeminen şekillendirilebilirliğine ve allotropik dönüşümlerin oluşup oluşmamasına bağlıdır. Bazı ticare 18-8 alaşımlarda işlem sıcaklığı 1260°C'a kadar yükselirken, bu sıcaklık alaşım oranı yüksek kalitelerde yüzey çatlaklarına yol açan metalürjik değişimlerden dolayı düşmektedir.

Malzeme	Sıcaklık (°C)
301 302, 302B, 303, 304, 305, 308, 321, 347	930 - 1180
309, 310, 330	1000 - 1150
314	950 - 1100
316, 317	930 - 1150
403, 410, 416	875 - 1150
414, 431	915 - 1150
405, 420, 440	960 - 1125
430, 430F, 442, 446	810 - 1125

Tablo 6.2: Çeşitli paslanmaz çelik türleri için önerilen dövme sıcaklıkları

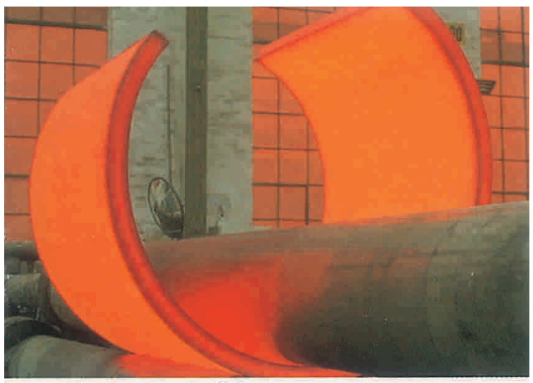
Bazı ostentik çeliklerde bulunabilen delta ferrit fazı, özellikle açık kalıpta yığmada dövülebilirliği zayıftır. 304, 309, 316, 317 ve 321 türlerinin içyapılarında önemli miktarda ferrit bulunabilir. Yüksek oranda şekil değişimlerinin söz konusu olduğu dövme uygulamalarında içyapıdaki ferrit miktarı kontrollü ve kısıtlı tutulmalıdır.

Aşırı miktarda ferrit, şekillendirmenin hemen başında oluşan yüzey çatlaklarının da nedenidir. 1150°C'da yapılan bir homojenizasyon tavı ile sağlanabilecek ostenit dönüşümü çoğu zaman yararlı olur.

Ostentik çelikler şekillendirme sonrasında tavlanmalı ve korozyon dayanımı ile süneklikleri tekrar kazandırılmalıdır. Şekillendirmenin 870°C civarında tamamlandığı ve karbür oluşumunu önlemek amacıyla malzeme sıcaklığının 425°C'a hızla düşürüldüğü uygulamalarda buna gerek kalmayabilir. 321 , 347 ve 348 gibi stabilize türler ve 304L ve 316L gibi çok düşük karbonlu türlerde karbür oluşumu görülmeyeceğinden dövme sonrasında herhengi bir ısıl işleme gerek kalmaz.

Düşük karbonlu martenzitik türler daha geniş sıcaklık aralığında dövülebilirken, yüksek karbonlu olanlar (420 ve 440 gibi) daha dar sıcaklık aralığında dövülebilir. Bu çelikler havada sertleşebildiğinden, dövme sonrasında genellikle bir ısıl işlem (yumuşatma tavı, ıslah işlemi vb.) yapılması zorunludur.

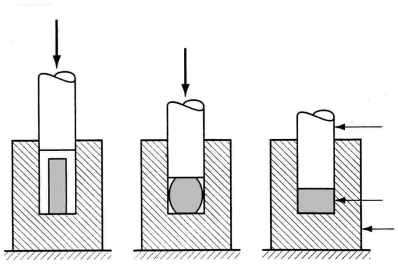
Ferritik çeliklerin şekillendirme sıcaklık aralığıda geniştir, ancak yüksek sıcaklıkta oluşan tane büyümesi nedeniyle ostenitiklere kıyasla daha düşük sıcaklıkta dövülmeleri gerekir. Dövme sonrası tavlama yapılması, ferritik çeliklerde de tavsiye edilir, çünkü dövülmüş halde, sertlikte bir artma gözlenmezse dahi içyapıda yüksek oranda gevrek martenzit bulunur.



Şekil 6.5: Sıcak şekillendirme

6.7. Soğuk Dövme ve Kütle Şekillendirme

Paslanmaz çeliklerde başarı ile uygulanabilen soğuk şekillendirme işlemleri arasında kafa yığma, çekme, ekstrüzyon ve perçinleme sıralanabilir. Daha önce de belirtildiği gibi, karbon çeliklerine kıyasla yüksek mukavemet ve pekleşme özellikleri nedeniyle, gerekli kuvvet ve güç çok daha fazladır. Çeliğin süneklik ve pekleşme özelliğine bağlı bazı sınırlamalar olsa da soğuk kafa yığmada hemen her türlü paslanmaz çelik kullanılabilir. Büyük oranda şekil değişimi istendiğinde yüksek kuvvet gereksinimi ve yağlama problem olabilir. Ferritik ve düşük karbonlu martenzitik türlerin davranışı, karbon ve düşük alaşımlı çeliklerinkine benzer. Ostentik ve ferritik türler, şekillendirme sonrası genellikle olduğu gibi kullanılırken, martenzitik türlere genellikle ısıl işlem uygulunur.



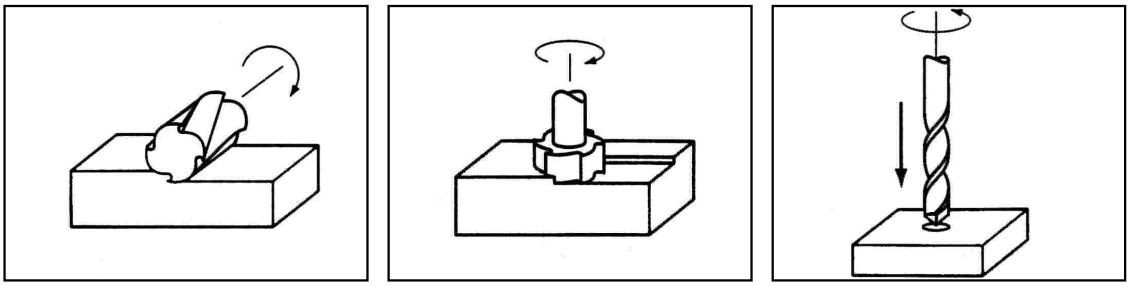
Şekil 6.6.: Soğuk şekillendirme

6.8. Talaşlı İmalat

Paslanmaz çeliklerin talaşlı imalatı, şekillendirilmelerinde olduğu gibi yüksek mukavemetleri, pekleşme özellikleri ve sünekliklerinden dolayı karbon çeliklerine oranla daha zordur. Türler arasında büyük farklılıklar bulunmakla beraber, daha yüksek güç, daha düşük kesme hızı ve daha kısa takım ömrü yanında, kesme sırasında ortaya çıkan yüzey kalitesi sorunlar ve kesici takım üstünde malzama birikmesi problemleri ortaya çıkabilmektedir.

Paslanmaz çeliklerin kesme işleminde titreşimlerin önlenebilmesi için takım tezgahı ve kesici takımın rijitliği büyük önem taşır. Özellikle ostentik ve yüksek alaşımlı türlerde sert ve sürekli talaş oluştuğu için, talaş kırıcısı veya kıvırıcısı taşıyan takımlar veya plaketler tavsiye edilir. Çoğu uygulamada, aşınma dayanımları daha iyi olan karbürlü kesici takımlar tercih edilir.

Kesilmekte olan malzeme yüzeyinde oluşabilecek pekleşmenin önlenebilmesi için bazı hususlara dikkat etmek gerekir. Takımın kesme öncesinde yüzey üstünde hafif temas ile hareketi, yüzeyin hemen altındaki tabakada ezilmeye ve pekleşmeye,



Şekil 6.7 : Talaşlı imalat

yüzeyin parlatılmasına ve takımın daha yüzeye dalmadan yanmasına yol açabilir. Ayrıca iş parçasında bir önceki işlemden (şekillendirmi veya talaşlı imalat) gelen sertleşmenin talaş kaldırmaya etkisi hesaba katılmalıdır. Kesme sırasında oluşabilecek pekleşme, karbon çeliklerinkine göre daha düşük besleme ve kesme hızları ile önlenebilir.

Düşük alaşımlı martenzitik ve ferritik çeliklerin talaş kaldırılarak işlenmesi karbon çeliklerininkine çok benzer. Bu türlerin gevrek oluşu kırık talaş oluşmasını sağlar. 38 HRC civarında su verilip temperlenmiş düşük alaşımlı martenzitik çelikler kullanılarak boyut toleransları ve yüzey kalitesi çok iyi ürünler elde edilebilir.

Yüksek alaşımlı martenzitik çeliklerde (420 ve 440 gibi) tavlanmış haldeki sertlik yüksek olduğundan, yüksek kromlu ferritiklerde (446 gibi) ise yüksek süneklikten ötürü talaş kaldırma daha zordur.

Ostenitik ve çökelme sertleşmesi uygulanabilen çeliklerin işlenmesi ise malzemenin türüne göre büyük farklılıklar gösterir. En kolay talaş kaldırılabilen türler otomat çeliği sınıfında olanlardır. 304 ve 316 gibi ostenitik çelikler tavlanmış halde 550-620 MP'a çekme dayanımına sahiptir. Bu malzemelerde akma ile çekme dayanımları arasındaki büyük fark ve aradaki pekleşme sonucu kesme zorlaşır. Çökelme sertleşmesi uygulanabilen çelikler ise ostenitik, ferritik, martenzitik veya çift fazlı iç yapıda bulunabildiklerinden kesmi özelliği de buna bağlı olarak çok değişir. Çoğu zaman martenzitik çeliklerde olduğu gibi ısıl işlem ile sertleştirilip, daha sonra talaşlı işlenmeleri uygun olur. Alaşıma kükürt veya selenyum eklenmesi sonucu elde edilen 416, 430F ve 303 gibi otomat çeliklerinde talaşlı imalat, diğerlerine oranla çok daha kolay ve problemsizdir. Alaşım içinde mangan sülfür formunda bulunan kükürt, kırık talaş oluşumunu sağlar ve kesici takım üstünde birikmeyi önler .

Selenyum ise çok iyi yüzey kalitesi elde edilmesini sağlar. Malzeme olarak diğerlerinden daha pahalı olan otomat paslanmaz çelikleri, kolay işlenebilmelerinin maliyette sağladığı düşüş ile önemli avantajlar sağlar. Bu malzemeler genel olarak %10'dan fazla talaş kaldıracağı zaman tercih edilmelidir. Malzeme seciminde imalatın yanında kullanım özellikleri de dikkate alınmalıdır. Korozyon dayanımı diğer paslanmazlara göre daha düşük olan otomat çelikleri, selenyumlu olan türler hariç soğuk kafa yığma gibi şekillendirme işlemlerine uygun değildir.

6.9. Birleştirme Yöntemleri

Paslanmaz çelikler genellikle kaynak tekniği ve lehimleme yöntemleriyle birleştirilebilirler. Bunlar arasında en sık kullanılanı ark kaynağıdır, çünkü boşluksuz ve birleşme verimi yüksek bir bağlantı sağlar. Bunun dışında ostenitik türlerde direnç kaynağı tercih edilir. Bu yöntem de dayanımı oldukça yüksek, çabuk ve ucuz bir bağlantı sağlar. Korozyon ve dayanım özellikleri bakımından her yöntemin işlem ayrıntılarına ve alınacak tedbirlere uymak gerekir. Sert lehim paslanmaz çeliğin başka metallera bağlantısında tercih edilir.

6.9.1. Kaynak

Tüm paslanmaz çelikler harhangi bir ark kaynağı yöntemi ile birleştirilebilir, ancak kaynak metali ve ısı tesiri altındaki bölgedeki korzyon dayanımı, artık gerilmeler, çarpılma ve dikiş çatlaması gibi hususlara dikkat edilmelidir. Paslanmaz çeliklerin direnç kaynağı da oldukça yaygındır. Karbon çeliğinden sonra en çok direnç kaynağı uygulanan malzeme paslanmaz çeliklerdir. Ostenitik çeliklerin düşük ısı iletimi, yüksek elektrik direnci ve manyetik olmamaları

sonucu, kaynak sırasında karbon çeliklerden daha düşük kaynak akımları yeterlidir. Ancak ısıl genleşme katsayıları yüksek olduğundan çarpılma sorunu vardır. Kaynak süreleri çok kısa olduğundan karbür çökelmesi nedeniyle korozyon dayanımında önemli bir düşüş olmaz. Ancak bindirme şeklinde yapılan nokta kaynaklarında belirli ortamlarda aralık korozyonu problem yaratabilir. Çok yaygın olmasa da martenzitik ve ferritik türlerde de direnç kaynağı yapılabilir. Kaynak sonrası soğumada martenzit oluşumu söz konusu ise temperleme için ikinci bir akım uygulaması gerekebilir. Paslanmaz çeliklerde genellikle gazaltı ergitme kaynağı hemen hiç uygulanmaz. Gaz kaynağında kaynak metalini oksidasyondan veya karbürasyondan koruyan bir kaynak atmosferi oluşturmak oldukça güçtür.

Paslanmazlar arasında en çok kaynakla birleştirilen tür ostenitik çeliklerdir. Ancak bunlar diğer karbon ve az alaşımlı çeliklerden farklı kaynak davranışına sahiptirler. En çok dikkat edilmesi gereken husus, orta sıcaklıklarda tane sınırlarında karbür çökelmesinin önlenmesidir. Dikişe komşu ve 650-870 °C sıcaklıklarına ısınan bölgede süre kısa da olsa karbür çökebilir. Bu durum birçok ortamda, özellikle oksit gidermede kullanılan asidik ortamlarda korozyon direncini düşürür. Ancak bu bölge çok dar olduğundan, çoğu kez parçalar kaynak edildikleri şekilde kullanılırlar.

Çökelme sertleştirmesi uygulanabilen paslanmazların çoğunluğu ostenitik olanlara benzer şekilde ark kaynağı iye birleştirilebilir. Genellikle kaynak katkı metali benzer bileşimde saçilerek, ısıl etkilere tepkinin aynı olması sağlanır. Kaynak sonrasında tam bir ısıl işlem yapılır, böylece süneklik olmasa da dikişin mekanik özelliklerinin ana metalin aynısı olması sağlanır.

Paslanmaz çeliklerin kaynağı konusunda daha ayrıntılı bilgiler Bölüm-7'de verilmiştir.

6.9.2. Sert Lehim

Bütün paslanmaz çelikler sert lehimle birleştirilebilirler, ancak bu yöntem çoğunlukla paslanmazların başka metallerle birleştirilmesinde tercih edilir. Genellikle fırında sert lehimleme uygulanır, çünkü burada koruyucu bir atmosferde (genelde hidrojen veya vakum) çalışarak, paslanmaz çeliğin oksidasyonunu önleme olanağı mevcuttur. Ostenitik çelikler karbür çökelmesi tehlikesinin var olduğu sıcaklıklarda sert lehimlenirler ve dolayısıyla korozyona duyarlı hale gelirler. Yüksek sıcaklıkta çözme tavı yapma imkanı da olmadığından, lehimlemede kararlı veya çok düşük karbonlu türlerin kullanılması gerekir. Martenzitik ve ferritik paslanmazlarda 830 °C'nin altında eriyen sert lehim malzemesi kullanılarak martenzit sertleşmesi önlenir. Önceden sertleştirilmiş çeliklerde lehimleme sırasındaki sıcaklık artışı, temperleme ve muhtemelen malzemenin sertliğinin düşmesine neden olacaktır.

Dolgu malzemesi olarak gümüş, nikel, altın ve bakır alaşımları kullanılabilir. Ancak fosfor içeren bakır esaslı alaşımlar kullanılmamalıdır. Bazı ostenitlerde ise bakır esaslı olanlar hiç seçilmemelidir.

Sert lehim sırasında malzeme gerilme altında ise çatlaklar oluşabilir. Bunun için ön tav uygulanabilir, parçayı yavaş ısıtarak lehim erimeden gerilmelerin giderilmesi sağlanabilir veya bu hasara neden olmayan bir lehim malzemesi seçilebilir.

6.10. Isıl İşlemleri

Paslanmaz çelikler türüne ve amacına bağlı olarak tavlama, suverme ve gerilme giderme tavlaması gibi değişik ısıl işlemlere tabi tutulabilirler. Bu işlemlerle korozyon dayanımı ve süneklik özellikleri istenen noktaya getirilebilir veya şekillendirme gibi işlemler sonucu mekanik ve metalurjik özelliklerdeki değişmeler giderilir. Paslanmaz çeliklerin ısıl işlemleri, yüzey kusurlarını önlemek için çoğu zaman kontrollü atmosferde yapılır.

Tavlama

Hemen her çeşit paslanmaz çeliğe uygulanabilir. Ostenitik çeliklerde tavlama işlemi, yeniden kristalleşmeye ek olarak yumuşamaya da yol açar ve krom karbürleri ostenit katı çözeltisi içine alır. Sonucu işlevinden dolayı bu işleme çözme tavı da denir. Çoğu zaman 1040 °C sıcaklığın biraz üstünde gerçekleştirilen bu işlem, ince taneli bir içyapı arzu edildiğinde 1010 °C'da yapılır. Yüzeyde oksitlenmeye neden olmamak ve portakallaşmaya yol açabilecek tane büyümesini önlemek için işlemin kısa sürede yapılmasına dikkat edilir.

Ostentik çeliklerin tavlanmasına suverme tavlamasıda denir. Bunun sebebi tavlama sonrası krom karbür çökelmesini önlemek ve malzemenin korozyona duyarlı hale gelmesine neden olmamak için tav sonrasında malzemenin suda süratli soğutulması gereğidir. Bu işlem stabilize edilmiş ve çok düşük karbonlu olanlar haricindeki bütün ostentik paslanmazlarda kullanılır. Süratli bir soğutmanın yapılmadığı durumda matristeki krom karbürlerin çökelmesi korozyon dayanımı çok düşürür. Krom karbür çökelmesi eğilimi malzeme türüne bağlıdır. Ostenitlerde, diğer türlerin aksine ostenit-martenzit faz dönüşümü olmadığından, suverme sonucu sertleşme söz konusu değildir.

Titanyum katkılı 321 ve niyobyum katkılı 347 ve 348 gibi türlerde klasik tavlamanın ardından 870°C ile 900 °C arasında 2-4 saat süre ile stabilizasyon tavlaması uygulanır ve böylece matriste oluşturulan titanyum ve niyobyum karbürler krom karbür çökelmesini önler. Bu işlem aşırı korozif ortamlarda ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılacak malzemeler için gereklidir. Bütün ostenitik paslanmaz çeliklerde tavlama öncesi yüzeydeki yağ vb. karbon içeren kalıntıların temizlenmesi çok önemlidir.

Bütün martenzitik ve bazı ferritik çelikler faz dönüşümünün gerçekleşeceği kritik sıcaklık altında proses tavlamasına tabi tutulabilir. Bu çeliklerin tavlama işlemlerinde, kritik sıcaklık altı tavlamada sıcaklıklar 760°C ile 830°C; tam tavlamada ise 845°C ile 900 °C arasında tutulur ve işlem yavaş soğutma ile bitirilir. Tek fazlı ferritik çeliklerde (409, 442 446 ve 26Cr-1Mo gibi) 760°C ile 955 °C arasında kısa süren bir rekristalizasyon tavı yeterlidir.

Sertleştirme

Martenzitik çelikler, ostenitleme, suverme ve temperleme yoluyla ıslah edilir. Ostenitleme sıcaklığı 980°C ile 1010°C arasındadır. Ostenitleme sıcaklığı 980°C civarında tutulduğunda suverme sonrası sertlik daha yüksek olur. Suverme işlemi çoğu zaman havada soğutma ile olur, ancak kalın kesitli parçalarda yağda soğutma yapılır. Temperleme sıcaklığı ayarlanarak, sertlik, tokluk ve korozyon dayanımı gibi özellikler istenildiği şekilde optimize edilmeye çalışılır. Su verme sonrası içgerilmeler nedeniyle çatlak oluşumunu önlemek için geciktirilmeden temperleme uygulanır. 510°C civarında uygulanan temperleme sonrasında 400°C sıcaklığın altına hızla soğularak gevrekleşme önlenir.

Gerilme Giderme

Gerilme giderme işlemleri, kaynak veya şekillendirme ardından korozyon ve boyut hassasiyeti açısından sorun çıkarabilecek artık gerilmeleri gidermek üzere malzeme türünü ve parça boyutlarına göre değişik şekillerde yapılabilir. Kaynak sonrası parçanın tamamının tavlanamadığı durumlurda, kaynak dikişleri yerel olarak normal tavlama sıcaklığının altında bir değere ısıtılabilir.

400°C altında yapılan gerilme giderme işlemleri, iç gerilmeleri ancak belirli bir oranda ortadan kaldırabilir. 425°C ile 925°C arasında yapılan gerilme giderme işlemleri gerilme korozyonuna ve çarpılmalara yol açabilen artık gerilmelerin tamamına yakınını ortadan kaldırabilir. Örneğin 870°C'da bir saatlik tavlama ile artık gerilmelerin %85'i giderilebilir. Fakat bu işlem sırasında çökelen taneleraası karbürler korozyon dayanımını düşüren bir hassaslaşmaya yol açar. Bundan dolayı, uzun süreli gerilme giderme tavlaması uygulanacak parçalar 312, 347 ve 348 gibi stabilize veya 304L ve 316L gibi çok düşük karbonlu alaşımlardan yapılmalıdır.

Plastik şekillendirilmiş ostenitik çeliklere 345°C ile 370°C arasında 2 saatlik bir "düşük" sıcaklık gerilme gidermesi uygulanmalı, 425°C gibi daha yüksek sıcaklıklara ancak taneleraası korozyon dayanımının kritik olmadığı durumlarda başvurulmalıdır.
Martenzitik ve ferritik çeliklerde gerilme gidermesi aynı zamanda kaynak ve ısı tesiri altındaki bölgede temperleme yapar ve korozyon dayanımını bir miktar iyileştirir.

6.11. İmalat Sırasında Malzemenin Korunması

İmalat işlemleri sırasında gereken özen gösterilmez ise paslanmaz çeliklerin yüzeyinde değişik mekanik hasarlar(çizilme, ezilme vb) oluşabilir ve bu tür hasarlar koruyucu yüzey oksit tabakasını ortadan kaldıracağından malzeme bu bölgelerde

korozyona duyarlı hale gelir. Bu nedenle basit karbonlu çeliklerden farklı olarak paslanmaz çeliklerin imalatı sırasında bazı önlemlerin alınması gerekir.

Bunların başlıcaları aşağıda sıralanmıştır:

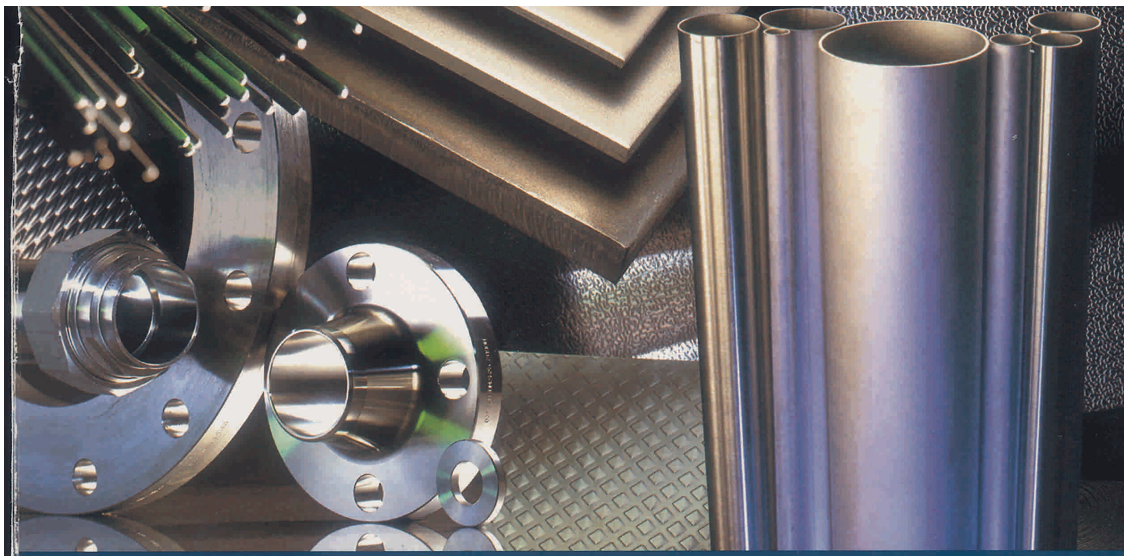
• Saç ve lavhalar kesinlikle yere yatırılmamalıdır. Malzeme dikey olarak stoklanmalı ve depodan alınırken birbiri üzerinde kaydırılmamalıdır. Stok sahasında demir artıkları ile kirlenmeleri önlenmelidir.

• Ağır plakalar ahşap bloklar üzerinde stoklanmalı ve forkliftin taşıma kollarının malzemeye doğrudan teması önlenmelidir.

• Çeneli taşıyıcılarda, çene dişlerinin malzemeye batması önlenmelidir.

• Kullanılması gerekiyorsa halatlar sentetik malzemeden olmalıdır.

•Yüzeyi parlatılmış saçların taşınmasında temiz keten eldivenler kullanılmalı ve parmak izlerinin oluşması önlenmelidir.



Şekil 8 : Çeşitli paslanmaz çelik ürünler

6.11. İmalat Sırasında Malzemenin Korunması

6

kaynak

7

Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

7

Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Paslanmaz çelikler ergitme kaynağı, direnç kaynağı ve lehimleme yöntemleriyle birleştirilebilir. Bu bölümde paslanmaz çeliklerin kaynağı hakkında bilgi, deneyim ve tavsiyeler verilmektedir.

Malzemeler

Ferritik ve ostenitik yapılar, farklı korozyon davranışları dışında, birbirinden değişik dayanım ve şekillendirme özelliklerine sahiptirler ve dolayısıyla kaynak edilebilme kabiyiyetleri de farklılıklar gösterir. Ferritik çeliklerin özellikle stabilize edilmiş olmayanlarının süneklik ve kopma uzamaları düşüktür ve kaynakta yırtılmalara neden olmamak için kullanılan ilave malzemeler, kaynak yöntemi seçimi ve ısı girdisi konusunda daha özenli olunması gerekir. Ostenitik çeliklerde içyapı tümüyle ostenitiktir, ancak bileşimleri iç yapıda az miktarda delta ferrit bulunacak şekilde düzenlenmiştir; bu fazın bulunması sıcak yırtılma tehlikesini azaltır. Ferritik çeliklere bu tür sıcak yırtılmalar yorulma zorlamaları altında çentik etkisi yaparken, daha sünek olan ostenitik paslanmazlarda mikro ölçekte kaldığı sürece bu çatlaklar daha az tehlikelidirler. Dubleks çelikerde Schaeffler Diyagramı yardımıyla bileşime bağlı olarak kaynak metalindeki ferrit miktarının tahmini mümkün olur.

Korozyon Dayanımı

Pasif durumda iken paslanmaz çelikler birçok ortamda korozyona karşı dayanıklı olup, ek bir yüzey işlemini gerektirmezler. Ancak bu pasif tabakanın kaynak dikişinin ısı tesiri altındaki bölgesinde (ITAB) bozulmaması gerekir. Bunun dışında karbon miktarı %0,03'den büyük olan paslanmaz çelikler ve 6 mm'den kalın cidar kalınlıklarında ısıl işlem yapılmaz ise özellikle kaynak dikişi bölgesinde tanelerarası korozyon tehlikesi ortaya çıkar. Yani tane sınırlarında krom karbür çökeldiğinden malzeme içindeki krom miktarı azalır ve korozyon dayanımı düşer.

7.1. Kaynak Yöntemleri

Bazı sınırlamalar dışında diğer çelikler için kullanılan tüm kaynak yöntemleri (gaz ergitme kaynağı dışında) paslanmaz çelikler içinde kullanılır. En yaygın olarak kullanılan yöntemler şunlardır:

1. Ergitme Kaynağı Yöntemleri

- Elektrik ark kaynağı
- Gazaltı kaynağı
  - * Wolfram koruyucu gaz (TIG)
  - * Metal koruyucu gaz (MIG)
  - * Plazma ark
- Laser ışını kaynağı
- Tozaltı kaynağı

2. Elektrik Direnç Kaynağı Yöntemleri

- Direnç-basınç kaynağı (nokta, makaralı dikiş ve yakma alın)
- Saplama kaynağı

Şekil 7.1 : Robot kaynağı

7.2. Ergitme Kaynağı Yöntemleri

7.2.1 Elektrik Ark Kaynağı

Elektrik ark kaynağı yöntemleri, aşağıdaki avantajları nedeniyle paslanmaz çeliklerin kaynağında önemli bir yer tutarlar:

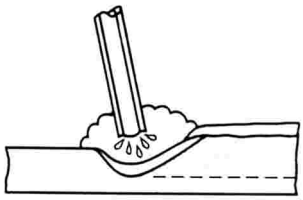
- Basitlik
- Alet ve teçhizat yatırımının düşük oluşu
- Atölye ve şantiyelerde uygulanabilirliği
- Değişik kullanımlar için özel elektrot türlerinin bulunması
- Zor pozisyonlarda da kullanılabilmesi
- Düşük ısı girdisi (özellikle ostenitikler için önemli)

Kaynak davranışı ve dikişin görünüşü elektrotu kaplayan örtü tarafından belirlenir.

Rutil Örtülü Elektrot: Bu elektrotların ince damlalı bir malzeme akışı vardır ve ince tırtıllı, düzgün dikişler elde edilir. Doğru akım (elektrot +) veya alternatif akılma kaynak yapılabilir. Cürufu uzaklaştırmak kolaydır ve kısmen kendi ayrılır. Bu özelliklerinden ötürü paslanmaz çelik kaynağında tercih edilirler.

Bazik Örtülü Elektrot: Sadece doğru akımla (elektrot +) kaynak yapılabilir. Damlaları daha iridir, bu nedenle zor pozisyonlarda uygundur. Aralık kapama özelliği iyi olduğundan kök dikişleri için tercih edilir. Rutil elektrotlara göre kaynak dikişinin görünümü daha kabadır ve cüruf daha zor uzaklaştırılır.

Her iki elektrot tipinde de mümkün olan en kısa ark ile çalışılır. Yüksek alaşımlı olan elektrotun elektrik direnci yüksek olduğundan bu malzemelerde daha düşük akım şiddeti ile çalışmak gerekir. Elektrot örtüsünün nemli olması kaynak davranışını ve cüruf geçişini kötüleştirerek gözenekliliğe veya soğuk yırtılmalara neden olabilir. Bazik elektrotlar gözenek oluşumu bakımından daha az duyarlıdırlar.



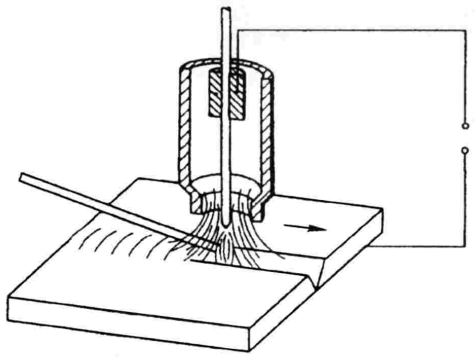
Şekil 7.2 : Elektrot kaynağı

Gazaltı Yöntemleri

Bu yöntemlerde ark, soy veya aktif bir koruyucu gaz örtüsü altında yanar ve çevredeki hava, ark ve kaynak banyosundan uzak tutulmuş olur.

Wolfram - Koruyucu Gaz Yöntemleri (TIG-Kaynağı):

Koruyucu gaz kaynak argonudur. Makina ile ostenitik çelik kaynağında kaynak hızını arttırmak için ticari gaz karışımları da (argon-hidrojen) kullanılabilir. Ergimeyen wolfram elektrot(-) kutba bağlanır ve doğru akımla kaynak yapılır. Bu yöntem bütün kaynak pozisyonları için ve özellikle ince saclar ve kök pasoları için uygundur. 3mm kalınlığa kadar 304, 321, 316 ve 316Ti kalite ostenitik çelikler kaynak ilave malzemesi kullanılmadan da kaynak edilebilirler. 316L gibi çelikler için birleştirme ilave metal ile yapılır.



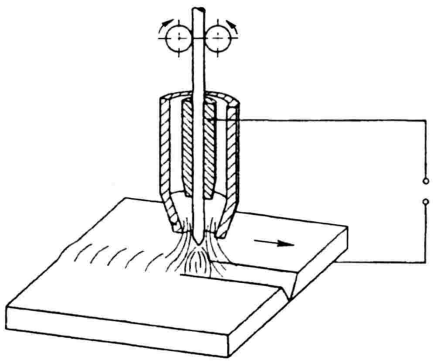
Şekil 7.3 : TIG kaynağı

Metal Koruyucu Gaz Ark Kaynağı (MIG-Kaynağı):

Paslanmaz çeliklerde en yaygın olarak MIG (Metal Inert Gas) ark kaynağı kullanılır. Kaynak akımı, eriyen tel elektrota kaymlı bir temas yardımıyla aktarılır. TIG yöntemine oranla daha yüksek erime gücü elde edilir. Masif ve özlü tel elektrotlar da kullanılır. Tel çapları 0,8 ile 1,6 mm arasındadır. Kaynak doğru akımla ve tel elektrot (+) uçta olmak üzere yapılır.

Masif tel elektrotlarda koruyucu gaz olarak %1-3 oksijen veya azami %2,5 CO_2 içeren karışımlar kullanılır (daha fazla CO_2 bulunursa kaynak banyosu karbon alır ve korozyon dayanımı düşer). Tel elektrotlar uygulama durumuna göre, püskürtme, kısa veya darbeli arklı olarak kaynak edilirler.

Oluk ve yatay pozisyonda kural olarak püskürtme ark ile çalışılır. Burada sıçrama eğiliminin düşük olması kısa devresiz, ince damlalı malzeme geçişini sağlar. Eğer daha düşük ısı girdisi gerekirse, kısa ark kullanılır (mesela ince saçlar, kök pasolaro ve zor pozisyonlarda). Kısa arkın dezavantajları sıçrama eğilimi ve yüksek kalınlıktır. Darbeli ark ile ısı girdisi azaltılabilir. Bu sayede ince saçlar ve düşük cidar kalınlıkları (zor pozisyonlarda dahi) kolaylıkla birleştirilebilir.



Şekil 7.4 : MIG kaynağı

Özlü tel elektrotlar, elde mevcut her türlü MIG donanımı ile kaynak edilebilir, bu sırada masif tel ile aynı tel besleme tertibatı kullanılabilir. Sıçrama eğilimi çok azdır, dikişler kabarık değildir ve çentiksizdir. Yüzey düzgün ve az tırtıllıdır.

Plazma Ark Kaynağı (WPL)

Bu yöntem TIG kaynağına benzerdir; Ark'ın yoğunlaşmasıyla daha yüksek bir enerji yoğunluğu elde edilir. Paslama gazı olarak kaynak argonu kullanılır, ostenitlerin kaynağında az miktarda hidrojen katılabilir. Dış koruyucu gaz olarak genellikle argon-hidrojen karışımları kullanılır. Genellikle otomatik donanımla uygulama bir yöntemdir:

- 1 mm'ye kadar kalınlıklarda mikroplazma kaynağı
- 10 mm'ye kadar saclarda I-dikişi, daha kalın levhalarda 5 mm kök alın yüksekliği ve Y-dikişi uygundur. Arta kalan kesit diğer yöntemlerle doldurulur.

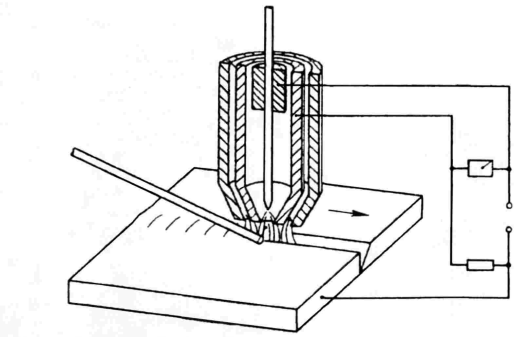
Genellikle iyave metal kullanılamaz, yalnız kök aralığı > (0,08 x kalınlık) olursa ilave metal gerekir.

Plazma kaynağının avantajları:

- Yüksek kaynak hızları
- Dar dikiş kalınlığı ve dar ITAB (Isı Tesiri Altındaki Bölge).
- Düşük ısı girdisi
- Düşük çarpılma

Dezavantajları:

. TIG'e oranla daha pahalı donanım
. Hassas kaynak ağzı hazırlama gereği
. Tutma tertibatı (fikstür) ve kalifiye işçilik gereği

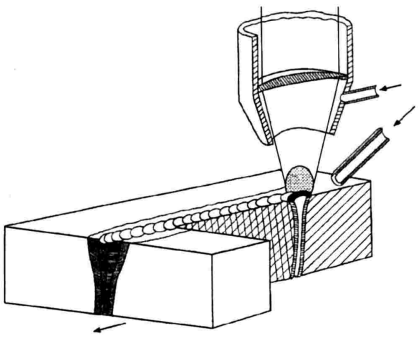


Şekil 7.5 : Plazma ark kaynağı

Laser Işını ile Kaynak

Alışılagelimiş yöntemlerin yanında, laser ışını yöntemi yeni ve otomasyona elverişli bir ergitme kaynağı yöntemi olarak dikkati çekmektedir. Odaklanmış ışın etkisiyle metal yerel olarak ergitilir ve bir anahtar deliği oluşumu ile derin kaynama etkisi elde edilir. Elde edilen kaynak dikişleri çok dardır, yüksek güçlü laserlerin kullanımı ile 15 mm'ye kadar levha kalınlıklarının kaynakla birleştirilmesi mümkün olur. Isı girdisi yerel olduğundan ve ısı hızla uzaklaştığından şu özellikler sağlanır:

- Derinlik/genişlik oranı çok büyük dar kaynak dikişleri
- Dar ITAB
- Düşük ısıl çarpılma
- İyi şekillendirilebilirlik



Şekil 7.6 : Lazer Kaynağı

7.2. Ergitme Kaynağı Yöntemleri

7

Günümüzde sanayide iki tip laser kullanılmaktadır:

- CO2 laseri 1..15 mm kalınlıklar için
- YAĞ Laseri 0,2-4 mm kalınlıklar için

İlk tip laserde ışın ayna yansımaları ile parça üzerine odaklanır. İkincisinde ışın bir cam elyaf yardımıyla kaynak noktasına iletildiğinden bu ışının parça üzerinde hareketi çok daha kolaydır ve örneğin robotlar yardımıyla 3 boyutlu bir işlem yapılabilir.

Tozaltı Kaynağı

Burada ark tel elektrot ile parça arasında ve bir cüruf örtüsünün altında yanar. Bu dökülen bir tozun erimesiyle oluşur. Sadece oluk ve yatay pozisyonda mümkündür. Özel tertibatla korniş pozisyonun da yapılabilir.

Genellikle tel elektrot doğru akımın (+) ucuna bağlanır. Cidar kalınlığına bağlı olarak elektrot çapları 1,2 - 4 mm arasında seçilebilir. Akım şiddeti diğer çeliklere oranla %10-20 daha düşük seçilir.

7.3. Elektrik Direnç Kaynağı Yöntemleri

Direnç-Basınç Kaynağı

Bu yöntemle zahmetsiz ve tekrarlanabilir yüksek kaliteli birleştirmeler sağlanır. Ostenitik paslanmaz çeliklerin elektrik ve ısı iletkenliği düşük olduğundan, direnç kaynağı için diğer çeliklere göre daha uygundur. Isı girdisi daha az olduğundan yüzey kalitesinde önemli bir bozulma olmaz. Ancak ısıl genleşmesi yüksek olduğundan çarpılma riski daha yüksektir.

Nokta ve makaralı dikiş kaynağında saçlar birbirinin üstüne bindirilerek birleştirilir. Burada kaynak edilmemiş bir aralık kaldığından, aralık korozyonu tehlikesi olan yerlerde kullanılmaması uygun olur. Kaynak sırasında oluşan tav renkleri daha sonra giderilebilir.

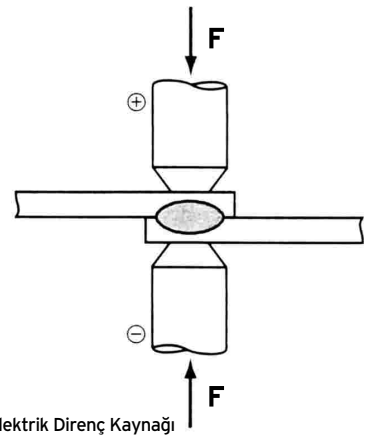
Birleştirilecek yüzeylerin temizlenmesi önemlidir. Nokta kaynağında oluşan çekirdeğin büyüklüğü ve biçimi, akım şiddeti süre ve elektrot kuvvetine bağlıdır. Süre arttıkça çekirdeğin kalınlığı ve çapı artar. Uygulamada kısa süreler tercih edilir. Elektrik direnci yüksek olan ostenitik paslanmazlarda diğer çeliklere oranla daha düşük akımlar tercih edilir. Çekirdeğin yüksekliği sacların toplam kalınlığının yaklaşık %50'si olacak ve %80'i geçmeyecek şekilde akım şiddeti ayarı yapılır. Daha yüksek akımlar çekirdekte sıçrama ve boşluk (lunker) oluşumuna neden olur. Alaşımsız çeliklerle karşılaştırıldığında elektrot kapama basıncının 2 - 3 kat yüksek olması gerekir. Bu baskı, akım kaldırılıktan sonra, çekirdek katılaşana kadar sürdürülmelidir (ince saçlarda 0,5 saniye, 3 mm kalınlıkta yaklaşık 1 saniye).

Paslanmaz çeliklerin nokta kaynağında elektrot olarak 400°C sıcaklıkta sertliği en az 70 HB olan bakır alaşımları (CuCrZr ve CuCrBe alaşımları gibi) kullanılır. Elektrot uçları, ayarı kolay olduğundan genellikle yuvarlak olarak seçilir.

Makarılı dikiş kaynağı (sürekli veya kesintili hareketli) yuvarlak veya düz yüzeyli elektrotlarla yapılabilir. Elektrot kuvveti sürekli uygulanır, akım kesintili olarak verilir.

Yakma alın kaynağında parçaların temas yüzeyleri birçok kez temas ettirilir ve ayrılır. Bu arada yüzeyler başlangıçta pürüzlü ise, yanarak düzlenmiş olur. Parçaların uçları birleştirme sıcaklığına ulaştığında, yüksek hızla birbirine bastırırlar. Bu baskı basıncı uçların birleşmesini sağlar ve bu arada, oksitler ve bir miktar malzeme kaynak aralığından dışarı fışkırır. Tutma çenelerine uygulanan kuvvet, parçalar kayma olmayacak kadar (yaklaşık yığma kuvvetinin 1,5 - 2 katı) yüksek olmalıdır.

Paslanmaz çelikler için alaşımsız çeliklere oranla daha düşük elektrik akımı, ancak daha yüksek yığma kuvvetleri seçilir. Dolayısıyla tutma kuvvetleri de daha yüksek olarak seçilmelidir. En uygun değerlerin bulunması için ön denemeler yapılması gerekir.



Şekil 7.7 : Elektrik Direnç Kaynağı

Saplama Kaynağı

Bu yöntemde çubuk şeklinde parçalar geniş yüzeyler üzerine basınç kaynağı ile birleştirilir. Bağlantı, kaynak bölgesinin sıvı ve plastik şekil alabilir durumunda gerçekleşir. Saplama kaynağı uygulamaları arasında ark saplama kaynağı en çok kullanılan tekniktir.

Bu yöntemde çubuk ile parça arasında bir ark tutuşturulur ve alın yüzeyleri eritilir. Ergitme süresi sonunda çubuk yüzeye bastırılır, ark söner ve kaynak banyosu katılaşır.

Bu yöntemin en önemli avantajları:

- Ana parçaya sadece bir yandan yaklaşmak yeterlidir,
- Birleştirme için sızdırma problemi çıkaracak deliklerin açılması gerekmez,
- Çubuğun tüm kesitini birleştiren güçlü bir bağlantı oluşur,
- 0,8-25 mm çapında çubuklar için kullanılabilir (çok yönlü kullanım).
- Her kaynak pozisyonunda uygulanabilir,
- Kaynak süresi kısa olduğundan, yanma (bileşen kaybı) ve çarpılma az olur,
- Çubuğun ucunda bir flanş oluşturularak dayanım artırılabilir.

Ostenitik paslanmaz ve ısıya dayanıklı çeliklerin saplama kaynağı sırasında faz dönüşümü ve dolayısıyla sertleşme olmaz. Yöntemde soğumanın hızlı olması da önemli bir avantajdır, içyapıda karbür çökelmesi görülmez. Ostenitik çelikler aynı zamanda kolay şekil değiştirirler. Ostenitiklerde kaynak metalinde %10 kadar delta ferrit oluşur, bu nedenle sıcak yırtılmaya karşı duyarlı değillerdir. Buna karşı daha yüksek alaşımlı tam ostenitik çeliklerde erimiş kaynak metalinde sıcak yırtılma tehlikesi vardır, dolayısıyla yönteme uygunluğu tahkik edilmelidir. İki malzeme karışımı sonrasında kaynak metalinde beklenen içyapı diyagramlar yardımıyla tahmin edilebilir.
Alaşımsız çeliklerin paslanmaz çeliklere saplama kaynağı yapılması durumunda (siyah-beyaz birleşmesi) ferritik ve ostenitik malzemeler kaynak metalinde karışırlar ve kırılgan martenzitik yapılar ortaya çıkar. Her iki malzemenin kaynak metaline karışan oranları belirli ise Schaefler diyagramı yardımı ile içyapı yaklaşık olarak belirlenebilir. Kaynak metali yaklaşık %60 oranında çubuk (saplama) malzemesinden oluşur. Kaynak koşullarını ayarlayarak martenzit oluşumundan kurtulmak mümkün değildir; bu durum sadece çubuk ucunun aşırı alaşımlanması ile önlenebilir. Bunun dışında kesitte bir de karbon geçişi ortaya çıkacaktır ve kaçınılmaz olarak çok ince karbonca zengin ve gevrek tabaka ortaya çıkacatır. Bu nedenle siyah üstüne beyaz kaynağına ancak özel durum ve şartlarda müsaade edilir.

7.4. Paslanmaz Çeliklerin Kaynağında Diğer Konular

Kaynak Ağzı Hazırlığı

Kaynak ağzı hazırlığı, kaynak yöntemi, sac kalınlığı ve kaynak pozisyonuna bağlıdır. Ağız kenarları mekanik (makasta kesme, planyalama, frezeleme, taşlama, su jeti) veya ısıl (plazma, laser) kesme yöntemleriyle hazırlanabilir. Isıl olarak kesilmiş olanlarda oksit artıklarını uzaklaştırmak için, kaynak öncesinde taşlanma yapmak gerekebilir. Taşlamada demir içeren veya paslanmaz çelikten başka malzemeler için de kullanılmış aletler kullanılmamalıdır. Kaynak ağızlarının iyi hazırlanmış ve temiz olması paslanmaz çeliklerde çok önemlidir. Mekanik temizleme için fırçalama, kimyasal temizlik için ise uygun bir çözelti kullanılabilir.

Kaynak Parametreleri

Paslanmaz çelikler

- Büyük genleşme katsayıları,
- Düşük ısı iletim katsayıları ve
- Yüksek elektrik direnci değerlerine sahiptir.

Bu durum özellikle genleşme, çarpılmaya neden olur. Bunu önlemek için:

- Bakır raylarla ısıyı uzaklaştırma
- Düşük ısı girdisiyle çalışma
- Kaynak yaparken aparat kullanma
- Kısa aralıklarla puntalama gibi tedbirler alınabilir.

Elektrot tutuşturulması kaynak dikişi dışında yapılmalı, tam ostenitik çeliklerde tutturma yerleri taşlanarak varsa son krater çatlaklarından arındırılmalıdır. Tek taraftan ulaşılabilen kaynaklarda, kök pasosu oksidasyondan koruyucu gazlar yardımıyla korunmalıdır.

Elektrot tipi, elektrot çapı ve diğer kaynak parametreleri, çelik cinsi ve cidar kalınlığına

bağlı olarak belirlenmelidir. Ara pasoların sıcaklığı en çok 150°C ile sınırlanmalıdır.

Kaynak Sonrası İşlemler

En iyi korozyon dayanımını elde etmek için kaynak dikişlerini ve ısıdan etkilenen bölgeleri, cüruf atıklarından, sıçramalardan, tav renklerinden ve diğer oksidasyon ürünlerinden arındırmak gerekir. Yüzey ne kadar az tırtıllı ve düzgün olursa korozyon dayanımı da o kadar iyi olur.

Fırçalama

Paslanmaz çelik tel fırçalar kullanılır, ancak bunyarın daha önce başka malzemeler için kullanılmamış olmaması gerekir. Eğer mevcut oksit tabakalrı ve cüruf artıkları tamamen giderilip metalsel temizlikte düzgün bir yüzey edilirse sadece fırçalama ile yetinebilir. Fırçalama sonrası yapılacak dağlama ve pasifleştirme işlemleri ile daha iyi korozyon özelliklerine ulaşılabilir.

Taşlama ve Parlatma

Kullanılan takımların demir içermemesi ve sadece paslanmaz çelikler için kullanılmaları önemlidir. Zımparalama inceliği kullanım yerine bağlıdır, ancak 180-240 numara zımparalar genellikle uygundur. Mekanik veya elektrolitik parlatma ile daha düzgün yüzeyler elde edilebilir. Özel durumlarda (örneğin klorürlü ortamlarda gerilmeli korozyon tehlikesinin olması halinde) zımparalama sonrasında dağlama gerekebilir.

Kumlama

Püskürtülen parçacık olarak paslanmaz çelik, kuvarz kumu, cam taneleri veya diğer demir içermeyen sentetik veya madenî esaslı malzemeler kullanılabilir. Ortaya çıkan temiz pürüzlenmiş yüzey, daha iyi sonuçlar, elde etmek için dağlanabilir veya pasifleştirilebilir.

Dağlama

Dağlama ile kaba pislikler ile yağ artıkları tümüyle uzaklaştırılır. Bu işlem daldırma, püskürtme veya dağlama pastası veya jeli kullanılarak yapılır. Daha sonra suyla özenli bir temizleme gerekir ve atıkların nötralize edilerek uzaklaştırılması önemlidir. Temizleme sonrası kalabilecek atıklar korozyona neden olacaktır. Bu nedenle son olarak %20 lik nitrik asitle bir pasifleştirme yapılabilir. Bunun sonrasında da suyla özenli bir temizleme gerekir.

Kaynaklı Bölgenin Korozyon Dayanımı

Kaynaklı birleştirilmelerde en önemli sorun kaynak dikişi ve çevresinde korozyon dayanımını koruyabilmektir. Bu bölgelerde malzeme taneleraası korozyona duyarlı hale gelebilir. Bunu önlemek için bileşimi ve kaynak koşullarını çok iyi kontrol etmek gerekir. Bazen de kaynak sonrası işlemler gerekebilir.
Korozyon dayanımının olumsuz etkilenmesi şu yöntemlerle engellenebilir:

a. Kaynak sonrası çözme tavı

İç gerilmeler giderilir, kaynak metalinin içyapısı ve korozyon dayanımı iyileşir. Ancak bu tav sonrasında yapılması gereken dağlama, zor ve pahalıdır. Hızlı soğutmak için suverme gerektiğinde çarpılma tehlikesi ortaya çıkar. Ayrıca büyük yapılar için (tanklar, basınçlı kaplar vb) uygulanması imkansızdır.

b. Karbon miktarını sınırlama

Karbon miktarı az ise karbür çökelemez. Özel olarak çok düşük karbonlu türler geliştirilmiştir (304L ve 316L gibi, en çok % 0,03 Karbon). Daha sonra gerilme gidermesi uygulanacak kaynaklı birleştirmeler için bu malzemelerin kullanılması gereklidir.

c. Karbonu kararlı kılma (stabilize etme)

Bileşimdeki karbon, titanyum karbür (321'de) veya niyobyum karbür (347 ve 348'de) olarak bağlandığında, krom karbür oluşmaz ve içyapıdaki krom oranı kritik sınırın altına düşmeyeceğinden korozyon dayanımı olumsuz etkilenmez. Bu türlerin kullanımı karbür çökelmesinin sözkonusu olduğu kritik sıcaklıklarda uzun süreler kalacak uygulamalar için de tavsiye edilir.

Ancak kaynak birleştirmesi yapılmış malzeme kullanım sırasında hassas sıcaklık bölgesine tekrar çıkarılırsa ve daha sonra belirli korozif ortamlarda kalırlarsa önemli yerel korozyonlar görülür (bıçak izi). Bunun nedeni kaynak sırasında çok dar bir alanda kararlı karbürlerin çözünmesi, ve hassas bölgeye tekrar çıkıldığında krom karbürlerin çökelmesidir. Bu sorun kaynak sonrası

stabilizasyonun tavı uygulayarak karalı karbürlerin tekrar oluşturulmasıyla çözülebilir.

Kaynak Çatlağı

Ostenitik paslanmaz çelikler çok tok ve sünektirler, dolayısıyla soğuk kaynak çatlağı oluşumu gibi bir problemle karşılaşılmaz. Ancak bu malzemelrde katılaşma sıcaklığından 980°C'a kadar soğurken sıcak çatlama eğilimi vardır. Bunu önlemek için bu sıcaklıklarda dikiş üzerindeki çekme gerilmesini azaltmak gerekir. Bunun dışında ayrıca fosfor gibi artık elementlerin miktarlarını da kontrol ederek tehlike azaltılabilir. Ancak en etkin önlem, kaynak metalinde en az %3 ile %4 ferrit bulunmasını sağlamaktır. Bu miktar diyagramlar yardımıyla tahmin edilebilir; ancak bu tahmin kesin olmadığından kritik durumlarda gerçek ferrit miktarı manyetik analizle bulunur.

Bu çözüm her zaman uygun olmayabilir, çünkü ferrit manyetiktir ve belirli ortamlarda korozyon dayanımını düşürür. Malzeme uzun süre yüksek sıcaklıkta tutulursa sigma fazı çökelerek gevrekleşmeye neden olabilir. Kaynak sonrası tavlama ile ferrit miktarı %2 ila %4'e düşürülebilir; ancak bu mümkün olmazsa tam ostenitik kaynak yapılması gerekir.

Ferritik çelikler ostenitiklerden daha az sünek ve kaynak çatlaklarına daha fazla duyarlıdır. 430 gibi bazı ferritik çeliklerde kaynak sonrası soğumada önemli miktarda martenzit oluşur ve soğuk çatlak oluşumu ihtimali artar. Ferritik türlerde 150-230°C sıcaklık aralığında bir ön ısıtma yapılması, çatlak oluşumu tehlikesini azaltmak için tavsiye edilir.

Martenzitikler ferritiklere göre çatlak oluşumuna daha da duyarlıdır. Genellikle 200-300°C'a bir ön ısıtma gereklidir. Karbon miktarı %0,2 den fazla olan çeliklerde kaynak sonrası da bir tav uygulaması yapılması zorunludur.

temizleme

8

Yüzey Kaliteleri, İşleme Yöntemleri ve Temizleme

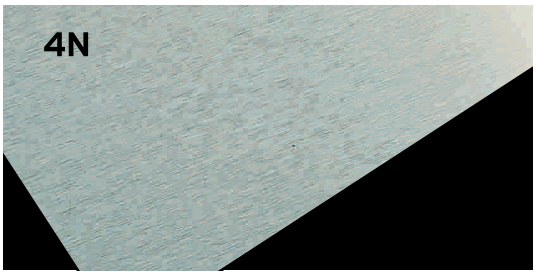
8

Yüzey Kaliteleri, İşleme Yöntemleri ve Temizleme

8.1. Paslanmaz Çelik Yassı Mamullerde Yüzey Kaliteleri

Paslanmaz çelikler çok farklı yüzey kalitelerinde üretilebilirler. Özellikle servis merkezlerinde, dakoratif kullanım amacı ile farklı yüzeyler de elde edilebilir. Paslanmaz çelikleri; taşlı, fırçalı ve muhtelif desenlerde temin etmek mümkündür. Bu yüzeyler Avrupa ve Amerikan normlarında belirli düzeye kadar standartlaştırılsa da çoğunlukla üretici ve müşteri arasındaki mutabakata göre tanımlanır. En çok karşılaşılan yüzeyler aşağıdaki resimlerde görülmektedir.

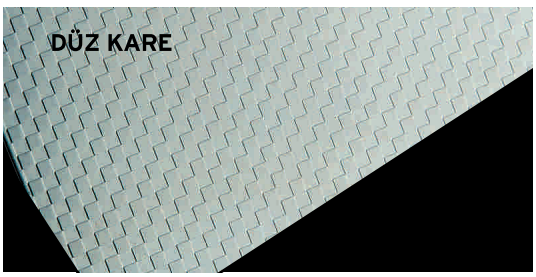
Şekil 8.1 : Mat (2B) yüzey görüntüsü



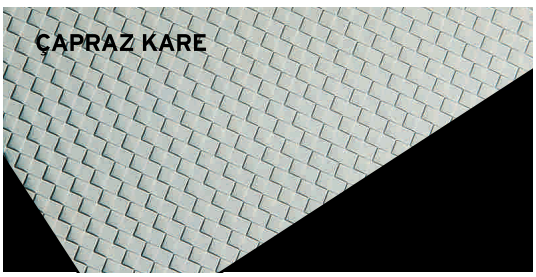
Şekil 8.2 : Taşlı yüzey görüntüsü (Polished-Grinded)

Şekil 8.3 : Fırçalı yüzey görüntüsü (Brush)

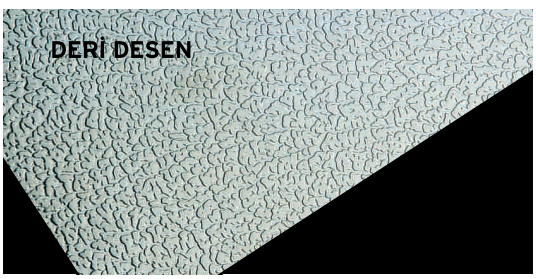
Şekil 8.4 : Parlak (BA) yüzey görüntüsü



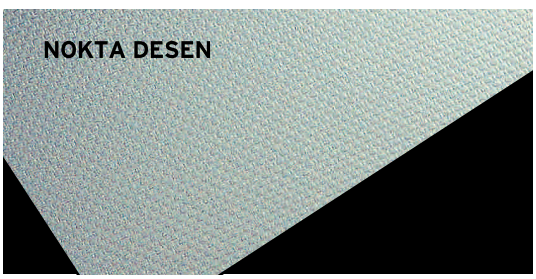
Şekil 8.5 : Düz kare desenli yüzey görüntüsü



Şekil 8.6 : Çapraz kare desenli yüzey görüntüsü



Şekil 8.7 : Deri desenli yüzey görüntüsü



Şekil 8.8 : Nokta desenli yüzey görüntüsü

8.2. Yüzey İşleme Yöntemleri

8

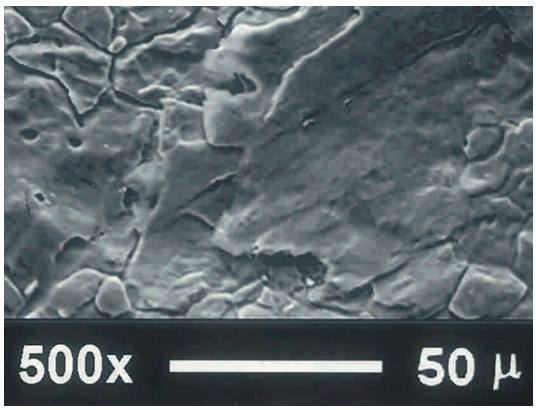
Paslanmaz çelik yassı ürünlerin yüzey kaliteleri ve uygulanan bitirme işlemlerinin Avrupa ve Amerikan standartlarına göre Tablo 8.1a ve 8.1b'de toplu olarak düzenlenmiştir.

Sembol			Bitirme İşlemleri	Yüzey Durumu	Açıklamalar
EN	ASTM	DIN			
1U			Sıcak haddelenmiş, ısıl işlem veya tufal temizleme yapılmamış	Haddeleme sırasında oluşan tufal ile kaplı	İşlemlere devam edilecek ürünler için uygun, örneğin tekrar haddelenecek bantlar...
1C		Ic	Sıcak haddelenmiş, ısıl işlemden geçirilmiş, tufal temizleme yapılmamış	Haddeleme sırasında oluşan tufal ile kaplı	Daha sonra tufal giderilecek veya işlenecek parçalar için uygun. Bazen bu durumdaki levhalar yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır.
1E		IIa	Sıcak haddelenmiş, ısıl işlemden geçirilmiş, tufal mekanik olarak temizlenmiş	Tufalsız	Mekanik temizleme yöntemi (örneğin kaba taşlama, kumlama vb.), çelik türüne ve ürün biçimine bağlı olarak, aksi kararlaştırılmadıkça, üretici tarafından belirlenir.
1D	1	IIa	Sıcak haddelenmiş, tavlanmış, tufal asitle temizleme yöntemiyle giderilmiş	Tufalsız	Çeliklerin büyük çoğunluğu için normal standart uygulamadır. Hem iyi bir korozyon dayanımı, hem de sonraki işlemler için uygun bir yüzey sağlanır
2H		IIIa	Pekleştirilmiş	Parlak	Soğuk haddeleme ile akma dayanımı artırılmış
2C		IIIs	Soğuk haddelenmiş, ısıl işlem görmüş, asitle tufal temizleme yapılmış	Isıl işlemden kalma tufal var, ancak düzgün	Daha sonra tufal giderilecek veya işlenecek parçalar için uygun. Bazen bu durumdaki levhalar yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır.
2D	2D	IIIb	Soğuk haddelenmiş. ısıl işlem görmüş. asitle tufal temizleme yapılmış.	Düzgün	İyi şekillendirme sağlayan bir yüzey kalitesi., ancak 2B ve 2R kadar düzgün değil.
2B	2B	IIIc	Soğuk haddelenmiş, ısıl işlem görmüş, asitle tufal temizleme yapılmış, tekrar soğuk haddelenmiş	2D'den daha düzgün	Çeliklerin büyük çoğunluğu için en sık raslanan yüzey kalitesi. İyi bir korozyon dayanımı, şekillendirmeye uygunluk ve düzgünlük sağlar. Tekrar haddeleme sırasında germe ile doğrultma da yapılabilir.
2R	BA	IIId	Soğuk haddelenmiş, parlatma tavı görmüş.	Düzgün, parlak ve yansıtma özelliği var.	2B'den daha düzgün ve parlak. Daha sonra şekillendirilecek malzemeler için sık raslanan bir kalite.
1G veya 2G	3	IV	Taşlanmış	Taşlama işlemine göre farklı kalitede yüzeyler elde edilir. Sipariş sırasında üretici veya servis merkezi ile görüşülmelidir.	Taşlama inceliği veya yüzey pürüzlüğü değerleri belirlenebilir. Yansıtma özelliği düşüktür.
2J	4		Fırçalanmış veya parlak mat (aksi sipariş edilmedikçe sadece bir yüzeyi)	Taşlamadan daha düzgündür. Yöntemine göre farklı kalitede yüzeyler elde edilir. Sipariş sırasında üretici veya servis merkezi ile görüşülmelidir.	Fırça tipi veya zımparalama inceliği belirlenebilir. Yansıtma özelliği düşüktür.
2M			Desenli	İstenen tasarım kararlaştırılmalıdır. Arka yüzey düzdür.	Mimari uygulamalar için mükemmel bir görünüm

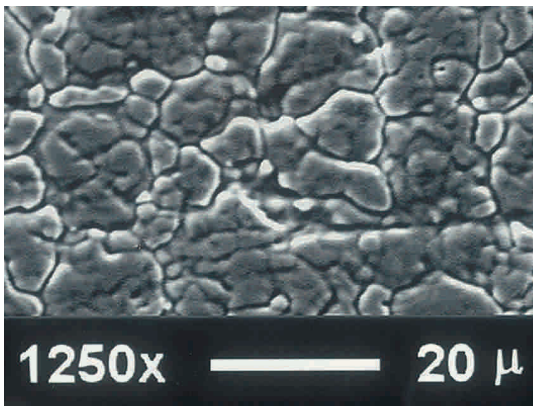
Tablo 8.1a: Paslanmaz çelik yassı ürünlerin yüzey kaliteleri ve uygulanan bitirme işlemleri (Tablo Avrupa normları esas alınarak hazırlanmış ve yaklaşık olarak karşılık gelen ASTM ve DIN kaliteleri verilmiştir)

Yüzey Kalitesi	Açıklaması
No. 1	Sıcak haddeleme, tavlama ve tufal giderme sonucu kaba ve mat bir yüzey
No. 2D	Tavlama ve tufal gidermeyi izleyen bir soğuk haddeleme sonucu mat bir yüzey. Yerine göre iyi parlatılmış merdaneler arasında hafifçe haddelenmiş olabilir. Bu kalitedeki yüzeyler görüntünün önemli sayılmadığı uygulamalarda kullanılabilir.
No. 2B	2D'ye benzer şekilde, tavlama ve tufal gidermeyi izleyen iyi parlatılmış merdanelerle hafif bir soğuk haddeleme sonucu oluşan parlak bir yüzey. 2B yüzey kalitesi soğuk haddelenmiş genel amaçlı kullanıma uygun bir yüzey kalitesidir. Olduğu gibi veya daha sonra parlatılarak kullanılabilir.
No. 3	100 numara aşındırıcı ile orta kalite düzgün yüzey. Genellikle orta derecede parlak yüzeyler istendiğinde kullanılır. İmalat sırasında veya sonrasında daha da parlatılabilir.
No. 4	Kaba bir parlatma işlemini takiben 120-150 numara aşındırıcı ile parlatılmış düzgün yüzey. Genel amaçlı bu parlak yüzeyden ayna kalitesinde bir yansıtma beklenmez.
No. 6	Aşındırıcı ve yağ kullanılarak işlenmiş 4 Numara yüzeye oranla daha düşük yansıtıcılıkta mat satine yüzey. Dekorasyonda ve süs eşyalarında parlaklığın arzu edilmediği yerlerde veya parlak elemanlarla kontrast oluşturmak amacıyla kullanılır.
No. 7	Çok ince taşlanmış yüzeylerin keçeleme ile çok parlak ve yansıtıcı özelliğe kavuşmuş hali. Ancak taşlama izleri tamamen yok edilmemiştir.
No. 8	Biri birinin ardı sıra daha ince zımparalar kullanarak taşlama ve keçeleme sonucu bütün taşlama izlerinin tamamen yok edildiği hal. Çok parlak ve yansıtıcı özellikte bir yüzeydir (Ayna yüzey). Reflektör ve aynalarda kullanılır.

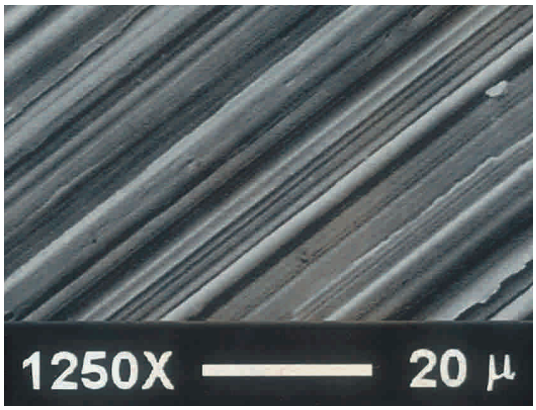
Tablo 8.1b: ASTM'e göre paslanmaz çelik yassı ürünlerin yüzey kaliteleri ve uygulanan bitirme işlemleri



Şekil 8.9 : No.1 yüzey 500 büyütmelik mikroskobik görüntü



Şekil 8.10 : Mat (2B) yüzey 1250 büyütmelik mikroskobik görüntü



Şekil 8.11 : Taşı yüzey 1250 büyütmelik mikroskobik görüntü

8.2 Yüzey İşleme Yöntemleri

Mekanik Yüzey İşlemleri (fırçalama-taşlama-zımparalama vb.)

Makanik yüzey işleme yöntemlerine değişik nedenlerle başvurulur. Kaynak veya ısıl işlem sonrası oluşan renk bozulmalarının giderilmesinin yanı sıra, belirli yüzey görünümlerini elde etmek amacıyla da uygulanırlar.

Ostenitik çelikler taşlanırken, alaşımsız veya ferritik çeliklere oranla ısı iletkenliklerinin daha düşük olduğu unutulmamalı, taşlama sırasında yerel aşırı ısınma ve buna bağlı renk bozulmaları ve çarpılmalar önlenmeli, taş baskı kuvveti düşük tutulmalıdır. Korozyonun ve paslanmanın önlenmesi için kullanılacak aşındırıcılar kenisnlikle demir ve kükürt içermemelidir. Daha önce herhangi bir karbon çeliği üzerinde kullanılmış bir taş veya zımpara kağıdı sonradan kesinlikle bir paslanmaz çelik üzerinde kullanılmamalıdır. Aksi takdirde alaşımsız çelikten gelen küçük parçacıklar, taşlanma ile paslanmaz çelik yüzeyine aktarılmakta ve malzeme yüzeyine saplanan bu parçacıklar hızlı bir paslanmaya sebep olmaktadırlar. Daha çok estetik kaygılarla yapılan son taşlama işleminde 120, 180, 240, 280 ve 320 numaralı "ince" aşındırıcılar tercih edilir. Sonuçta elde edilen yüzey kalitesi, aşındırıcı numarası yanında işlemin ıslak veya kuru yapılmasına, kullanılan tezgahın özelliklerine ve kullanılan sıvılara bağlıdır.

Kimyasal Yüzey İşlemleri

Isıl işlem sonrası paslanmaz çeliklerin yüzeylerindeki tufalın veya kaynaktan dolayı oluşan renk bozulmalarının giderilmesi için asitle temizleme yapılması çoğu zaman bir zorunluluktur. Kimyasal yüzey işlemleri asit banyosu içinde veya asitli pastaların yüzeye uygulanması ile yapılır. Asitli pastalar çoğu zaman kaynak sonrasındaki yerel renk bozulmalarını gidermekte tercih edilir. Bütünüyle ısıl işleme tabi tutulacak parçalarda ise çoğu zaman asit banyosu kullanılır (Tablo 8.2).

Nitrik Asit (%50)	% 10-30 (hacim)
Hidroflorik Asit	%2.5-3 (hacim)
Su	Geriye kalan
Banyo sıcaklığı	20-40°C
Banyo Süresi	Temizlenecek tabakanın kalınlığına ve bileşimine bağlı olarak değişir.

Tablo 8.2: Paslanmaz çelikler için asit ile temizleme banyosu çözeltileri

Pasifleştirme işlemi, korozyonu önleyen oksit tabakasının oluşumu hızlandırılır. Bu amaçla kullanılan asit banyoları ve pastalar, oksitleyici asitler içermelerine ve hatta bir miktar oksitlenmeye neden olmalarına rağmen, pasifleştirme işlemi zorunlu olmasa da tavsiye edilen bir işlemder. Ancak uygulama öncesinde yöntem ayrıntılarının özenle belirlenmesi ve yüzey hasarının önlenmesi için asit veya pasta üreticilerine danışılmasında yarar vardır.
Gerek asitle temizlemede, gerekse pasifleştirmede, uygun güvenlik önlemleri alınmalı ve ayrıca çevrenin korunmasına da özen gösterilmelidir.

Elektro-Kimyasal Parlatma

Kimyasal ve elektro-kimyasal parlatma yöntemleri, mekanik olarak parlatılması mümkün olmayan karmaşık şekilli veya kuvvet uygulanması halinde kolayca deforme olabilecek derecede ince cidarlı parçalarda tercih edilirler. Elektro-kimyasal parlatmada parçalar askılar üzerine asılır ve anot olacak şekilde elektrik gerilimi uygulanarak yüzeylerinden metal kaldırılır

8.3. Yüzey Koruma

Paslanmaz çelik saclara uygulanan bükme, kenarlama, derin çekme, sıvama vb. soğuk şekillendirme işlemlerinde malzeme yüzeyinin korunması gerekir. Bu koruma, sac yüzeyi üzerine yapıştırılan bir folyo kullanılarak sağlanır. Genellikle sentetik malzemeden olan folyonun yapıştırılması özel bir makine gerektirdiği için malzemenin önceden folyo korumalı olarak sipariş edilmiş olması daha uygundur. Folyo kaplama sadece şekillendirme sırasında değil, depolama, aktarma ve montaj sırasında da koruma sağlar. Gerektiğinde, folyo kısmen veya tamamen kaldırılabilir ve geri yapıştırılabilir. Folyonun ömrü kısıtlı olduğundan kaplama sonrasında şekillendirmenin fazla bekletilmeden tamamlanması tavsiye edilir. Malzeme kapalı kaplarda veya ambalajlı olarak saklanmalı, folyo kaplama UV ışınlarından ve yüksek sıcaklıktan korunmalıdır. Yüzeye kaplanacak folyolar çok değişik özelliklerde temin edilebilmektedir. Bu nedenle folyo seçiminde; malzemenin imalat yöntemi, stoklanacağı ortam, UV ışınlara dayanıklılık, kolay sökülebilme veya sökülmeme gibi özelliklere dikkat edilmesi gerekir.

Görevini tamamlayan folyo zaman içinde ısı ve ışık tesiriyle gevrekleşir ve sökülmesi zorlaşır; bundan dolayı montajdan sonra

kısa sürede soyulmalı ve sökülmelidir. Folyonun sökülmesi sonrasında paslanmaz çelik yüzeyinde bir miktar yapıştırıcı kalabilir; bu artıkların da uygun solventler kullanılarak çok iyi temizlenmesi gerekir. Bu kurallara uyulmaz ise daha sonra folyonun temiz ve artıksız olarak sökülmesi imkansızlaşmakta, ve yüzey üzerindeki artık malzemeler korozyonu hızlandırıcı rol oynamaktadırlar. Paslanmaz çeliklerin yüzeyinin korunması ve bakımı için boya, cila gibi malzemeler kullanılmamalıdır. Bunun yerine yüzeyin belirli aralıklarda temizlenmesi daha yaralıdır.

8.4. Temizleme Yöntemleri ve Maddeleri

Paslanmaz çeliklerin kullanılma nedenlerinden biri de hijyenik özellikleri ve düz ve sert yüzeylerinin iyi temizlenebilmesidir. Temizleme işlemi, yüzeydeki yabancı maddelerden arındırma olayıdır. Düzenli temizleme ve bakım sayesinde paslanmaz çelikler görünümlerini uzun süre korurlar. Buna ek olarak birçok uygulamada dezenfektasyon ve sterillizasyon yapılır. Paslanmaz çelik yüzeylerinden kirlilikler (kum, toz, şeker, tuz, bal, kurumuş içecekler, yağ, gıda maddeleri atıkları) sulu çözeltiler ile temizlenebilirler. Bu sırada kirlilik yüzeyden alınarak temizleme suyunda dağıtılır. Sıcak veya soğuk yapılan bu temizlemede, yağlar için bir deterjan da kullanılabilir.

Kirlenme daha fazla ise, evlerde kullanılan ve çizmeyen aşındırıcı tozlar içeren temizleme maddelerinden yararlanılabilir. Mekanik temizleme gerekirse, fırçalar, bezler, zımparalama ve parlatma cihazları ve parlatma bezlerinden yararlanılabilir veya su, buhar ve cam tanecik püskürtme teknikleri uygulanabilir. Temizleme suyu kireçli ise yüzeyde lekeler bırakır, bu durumda yüzeyin bezlerle kurutulması gerekir. Parmak izlerinin temizlenmesi için bir cam temizleyicisinden yararlanılabilir. Paslanmaz çelik yüzeylerin temizlenmesinde çelik yünü veya çelik tel kesinlikle kullanılmamalıdır. Kullanılacak temizlik bezleri lifli olmamalı ve sert tanecikler içermemelidir. Paslanmaz çeliğin temizliğinde, bu malzemenin kolaylıkla çizilebilen bir ürün olduğu unutulmamalıdır.

Günümüzde özel paslanmaz çelik temizleme malzemeleri vardır. Bunlar nemli bez üstüne emdirilerek yüzeye uygulanır. Daha sonra temiz su ile çalkalama yapılarak artıklar uzaklaştırılır. Özellikle ev tipi cihazlarda bulunan paslanmaz çeliklerin temizliğinde çamaşır suyu, tuz ruhu gibi kimyasal maddelerin kullanımından kaçınılmalıdır.

Taşlama ve/veya fırçalama işlemi uygulanmış malzemelerin temizliğinde dairesel hareketlerle yapılan temizlik işlemlerinden kacınılmalıdır. Bu yüzeylerin temizliğinde taş veya fırça izi yönünde hareketlerle temizlik yapılmalıdır. İz yönünde olmayan temizlik hareketleri malzemede istenmeyen çiziklerin oluşmasına ve yüzeyin bozulmasına neden olur. Günümüzde özellikle hijyen ve temizliğe önem verilen yerlerde yüksek basınçlı yıkama kullanılmakta ve bu amaçla sabit ve taşınabilir değişik üniteler bulunmaktadır. Burada temizeme etkisi; çarpma kuvveti, ısıl etki, temizleme aygıtı ve kimyasal katkılarca sağlanır.

İnşaatlarda Temizleme:

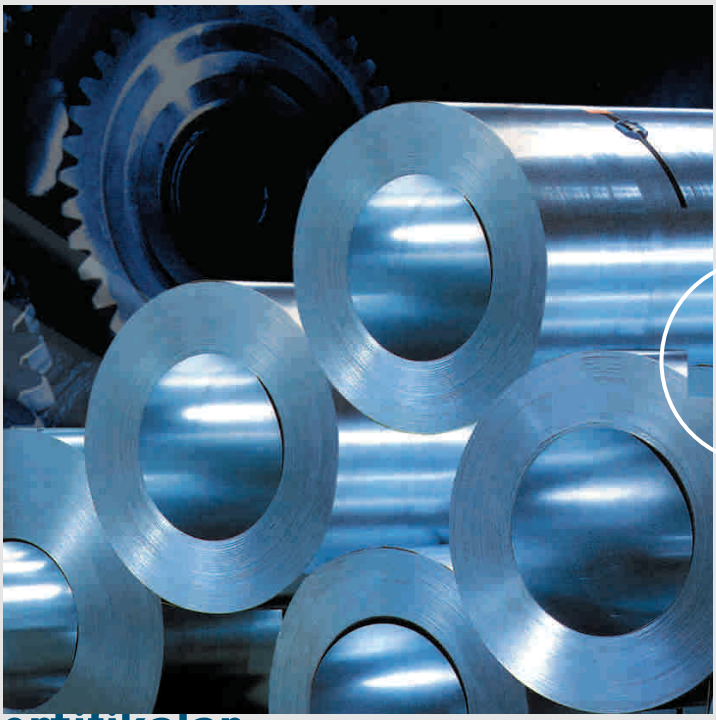
İlk Temizlik:

Montajdan sonra tüm koruyucu tabakalar uzaklaştırılır. Temizlik için çizmeyen fakat aşındırıcı etkisi olan malzemeler veya asidik temizleme karışımları kullanılır. Ancak bu asit kesinlikle hidroklorik asit olmamalıdır, aksi halde renk değişimi hatta noktasal korozyon ortaya çıkabilir.
Temizlik malzemeleri üreticinin talimatına göre uygulanmalıdır. Boya artıkları uygun çözücüler ve temizleme maddeleri ile uzaklaştırılır. Kireç ve harç artıkları lastik mala, tahta parçası vb aletlerle katılaşmalarına fırsat tanımadan uzaklaştırılmalıdır. Demir esaslı aletler kesinlikle kullanılmamalıdır, bu tür artıkların son kalıntıları ise uygun bir temizleyici ile uzaklaştırılmalıdır.

Bakım Temizlikleri:

Genellikle aşındırıcı içermeyen yüksek basınçlı su ile 60°C-80°C sıcaklıklarda temizleme yapılır. Buharla temizlemede 140°C sıcaklıkta çalışılır. Aşırı kirler varsa bunlar için deterjan kullanılır, bu amaçla genel amaçlı temizleyiciler yeterli olur. Daha büyük bakımlar ise, ilk temizlik işlemine benzer şekilde uygulanır.

standartlar ve sertifika



9

Standartlar ve Sertifikalar

9

Standartlar ve Sertifikalar

9.1. Genel

Önceki bölümlerde paslanmaz çeliklere ait pek çok özellikler, standartlar ve karşılıklar hakkında bazı bilgiler verilmişti. Ancak paslanmaz çelik de neticede ticari bir malzemedir. Bu nedenle ticari açıdan değer taşıyan bazı özellikleri hakkında bilgi vermek yararlı olacaktır.

9.2. Paslanmaz Çelik Yassı Mamül Boyutları

Paslanmaz çelik yassı mamüller piyasada rulo, plaka ve lavha şeklinde pazarlanmaktadırlar. Kalınlıkları özel üretimlerle nerede ise folyo haline getirilebilse de yaygın olarak 0.30 mm. kalınlık alt limit olarak kabul edilir. 8mm. ye kadar olak kalınlıklarda soğuk hadde üretim metodları kullanılabilmektedir. Ancak bu kalınlıktan sonraki değerlerde sıcak hadde malzemeler bulunabilmektedir. Genellikle 12.7 mm. kalınlığa kadar olan paslanmaz çelikler rulo olarak üretilmekte ve üretim sonrası proseslerle gerektiğinde levha haline dönüştürülebilmektedir. Ancak bu kalınlıktan sonraki değerlerde üretim plaka bazında yapılabilmektedir. Paslanmaz çelik yassı mamüller enlerine göre iki ana grupta sınıflandırılırlar. Eni 600 mm.den daha az olan malzemeler, dar şerit ve plaka olarak sınıflandırılır. 600 mm. ve daha büyük enlere sahip olanlar ise geniş şerit ve plakalar olarak kabul edilirler. Bu sınıflamaya rağmen paslanmaz yassı mamuller için piyasada yaygın olarak bulunabilen en küçük standart en 1000 mm. dir. 1000 mm. den daha dar malzemeler ise genellikle üretim sonrası dilme prosesleri uygulanarak elde edilmektedir. Rulo olarak üretilebilen en büyük standart en ise 2000 mm. dir. Bu arada 1250 ve 1500 mm. diğer standart en ölçüleridir.

	Levha							Rulo					
	En (mm)	1000	1250	1500		2000		1000	1250	1500	2000	En (mm)	
	Boy(mm)	2000	2500	3000	6000	4000	6000						
Kalınlık (mm)	0.40	x	x					x	x			0.40	Kalınlık (mm)
	0.50	x	x					x	x			0.50	
	0.60	x	x					x	x			0.60	
	0.70	x	x	x	x			x	x	x		0.70	
	0.80	x	x	x	x			x	x	x		0.80	
	1.00	x	x	x	x			x	x	x		1.00	
	1.20	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1.20	
	1.50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1.50	
	2.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2.00	
	2.50	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2.50	
	3.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	3.00	
	4.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4.00	
	5.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5.00	
	6.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6.00	
	8.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	8.00	
	10.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10.00	

Tablo 9.1 : Paslanmaz Çelik Yassı Mamül Ebatları

9.2. Paslanmaz Çelik Yassı Mamül Boyutları

9

Kesin değerler olmamakla birlikte (Tablo 9.1) 10 mm. kalınlığa kadar olan paslanmaz çelik levha ve rulolar için piyasadan temin edilebilen standart ebatları belirtmektedir: Her üretimde olduğu gibi paslanmaz çeliklerin üretiminde de ebatlar açısından toleranslar söz konusudur. Aksi belirtilmedikçe kalınlık en ve boy açısından aşağıda belirtilen normal tolerans değerleri kabul edilmektedir.

Bu toleranslarla ilgili bilgiler EN 10259'de daha detaylı olarak da verilmektedir. Tablo 9.2'de kalınlık, Tablo 9.3 ve 9.4'de genişlik ve Tablo 9.5'de de uzunluk ile ilgili tolerans değerleri yer almaktadır.

Kalınlık Aralığı		Genişliğe Bağlı Olarak Normal Kalınlık Toleransları			Genişliğe Bağlı Olarak Hassas Kalınlık Toleransları		
Eşit veya Büyük	Küçük	W<=1000 mm.	1000<W<=1300 mm.	1300<W<=2100 mm.	W<=1000 mm.	1000<W<=1300 mm.	1300<W<=2100 mm.
-	0.30	+/-0.03	-	-	+/-0.020	-	-
0.30	0.50	+/-0.04	+/-0.04	-	+/-0.025	+/-0.030	-
0.50	0.60	+/-0.045	+/-0.05	-	+/-0.030	+/-0.035	-
0.60	0.80	+/-0.05	+/-0.05	-	+/-0.035	+/-0.040	-
0.80	1.00	+/-0.055	+/-0.06	+/-0.06	+/-0.040	+/-0.045	+/-0.050
1.00	1.20	+/-0.06	+/-0.07	+/-0.07	+/-0.045	+/-0.045	+/-0.050
1.20	1.50	+/-0.07	+/-0.08	+/-0.08	+/-0.050	+/-0.055	+/-0.060
1.50	2.00	+/-0.08	+/-0.09	+/-0.10	+/-0.055	+/-0.060	+/-0.070
2.00	2.50	+/-0.09	+/-0.10	+/-0.11	-	-	-
2.50	3.00	+/-0.11	+/-0.12	+/-0.12	-	-	-
3.00	4.00	+/-0.13	+/-0.14	+/-0.14	-	-	-
4.00	5.00	+/-0.14	+/-0.15	+/-0.15	-	-	-
5.00	6.50	+/-0.15	+/-0.15	+/-0.16	-	-	-

Tablo 9.2 : Normal ve Özel Kalınlık Toleransları

Kalınlık		Kalınlığa Bağlı Olarak Normal Toleranslar [1] (w: Genişlik)				
>=	<	w<=125[2]	125<w<=250[2]	250<w<=600[2]	600<w<=1000[2]	1000<w<=2000[2]
-	1.00	+0.5	+0.5	+0.7	+1.5	+2.0
		-0	-0	-0	-0	-0
1.00	1.50	+7.0	+7.0	+1.0	+1.5	+2.0
		-0	-0	-0	-0	-0
1.50	2.50	+1.0	+1.0	+1.2	+2.0	+2.5
		-0	-0	-0	-0	-0
2.50	3.50	+1.2	+1.2	+1.5	+3.0	+3.0
		-0	-0	-0	-0	-0
3.50	6.50[3]	+2.0	+2.0	+2.0	+4.0	+4.0
		-0	-0	-0	-0	-0

[1]Müşterinin özel talepleri doğrultusunda ürünler, müsade edilen tolerans değerlerinin altında temin edilebilir. Bu durumda tolerans değerleri altı ve üzeri (+/-) olarak ifade edilir.

[2]Malzeme eninin ilave bir kesme prosesi ile elde edildiği durumlarda müşteri ve satıcı mutabakatı doğrultusunda en toleransları 5 mm.ye kadar arttırılabilir.

[3]6.50 mm. dahil

Tablo 9.3 : Kalınlığa bağlı olarak normal EN tolerans değerleri

9.2. Paslanmaz Çelik Yassı Mamül Boyutları

9

Kalınlık		Kalınlığa Bağlı Olarak Özel Toleranslar [1] (w: Genişlik)		
>=	<	w<=125[2]	125<w<=250[2]	250<w<=600[2]
-	1.00	+0.5	+0.5	+0.7
		-0	-0	-0
1.00	1.50	+7.0	+7.0	+1.0
		-0	-0	-0
1.50	2.50	+1.0	+1.0	+1.2
		-0	-0	-0
2.50	3.50	+1.2	+1.2	+1.5
		-0	-0	-0
3.50	6.50[3]	+2.0	+2.0	+2.0
		-0	-0	-0

[1]Müşterinin özel talepleri doğrultusunda ürünler, müsade edilen tolerans değerlerinin altında temin edilebilir. Bu durumda tolerans değerleri altı ve üzeri (+/-) olarak ifade edilir.

[2]Malzeme eninin ilave bir kesme prosesi ile elde edildiği durumlarda müşteri ve satıcı mutabakatı doğrultusunda en toleransları 5 mm.ye kadar arttırılabilir.

[3]6.50 mm. dahil

Tablo 9.4 : Kalınlığa bağlı olarak özel EN tolerans değerleri

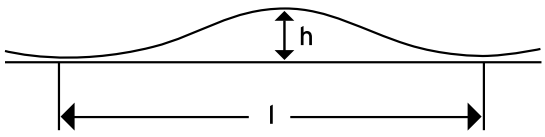
Uzunluk(mm) (l=Uzunluk)	Toleranslar	
	Normal	Özel
l < = 2000	+5	+3
	-0	-0
l > 2000	+0.0025x1	+0.0015x1
	-0	-0

Tablo 9.5 : Uzunluk toleransları

Paslanmaz çelik yassı mamül siparişlerinde ebatlar ve bunlara ait tolerans bilgileri, malzemenin tanımının ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle siparişlerde sadece ebatların belirtilmesi yeterli olmayabilir. Malzemenin eğer üretim prosesi nedeni ile daha farklı tolerans değerlerinde temin edilmesi gerekiyor ise bu husus ve istenen değerler, sipariş öncesinde tedarikçiye açık olarak bildirilmelidir. Aksi belirtilmediği taktirde tedarikçiler, verilen tablolardaki normal tolarans değerlerine göre malzemeyi hazırlayacaklardır.

9.3. Yüzey Düzlemselliği ve Dalgalılık

Yüzey düzlemselliği, özellikle levha halindeki paslanmaz çelikler için geçerli bir parametredir. Düzlemsellik, düz olduğundan emin olunan bir referans yüzeye göre levha yüzeyindeki dalgaların varlığı ve yokluğu ile iygili bir kavramdır. Ölçüm referans yüzey ile levhadaki dalganın yüksekliği arasındaki fark şeklindedir.
Düzlemsellikte normal tolerans değerleri; uzunluğu 3000 mm. ye eşit ve daha küçük levhalar için azami 10 mm., daha büyük levhalar için ise azami 12 mm. dir. Özel tolerans değerleri ise sırası ile, azami 7 ve 8 mm. olarak uygulanır.



Şekil 1: Rulolarda dalga yükseklik toleransı

$$\frac{h}{l} <= 0.03 \times t$$

t: Malzeme Kalınlığı

Rulo halindeki şeritlerde ise dalga yüksetliği toleransları Şekil 9.1. de belirtilen formül yardımı ile hesaplanır.

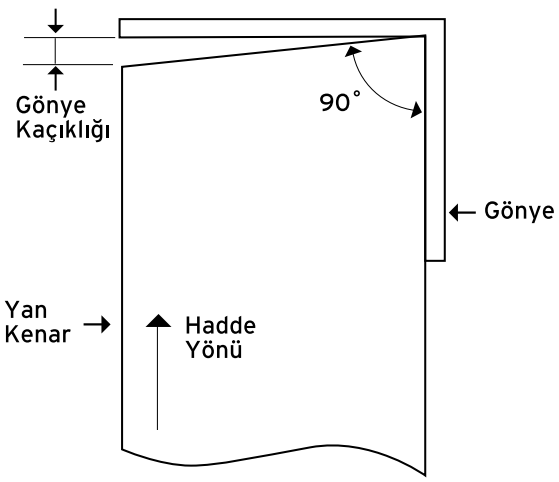
9.4. Gönye Kaçıklık Toleransları

Bir levhanın gönye kaçıklığı iki şekilde ölçülebilir. Yaygın olan iki köşegenin ölçülerek aralarındaki farkın bulunmasıdır. Bu farkın büyüklüğü gönye kaçıklığının daha çok olduğunu işaret etmektedir. Tablo 9.6 bu kaçıklık değerlerine ilişkin toleransları vermektedir. Şekil 2 ise alternatif ölçümü belirtmektedir.

Levha plaka boyu(mm) (l=Uzunluk)	Köşegenler arası uzunluk farkı (mm, en fazla)
l < = 3000	6
3000 < l <=6000	10
l > 6000	15

Tablo 9.6 : Gönye kaçıklık toleransı

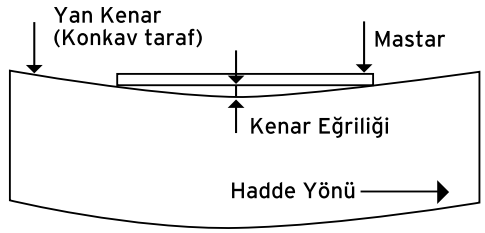
Gönye kaçıklığı normal olarak malzeme üreticileri tarafından ölçülen bir değer değildir. Ancak şüphe halinde veya istek üzerine yapılan bir ölçümdür.



Şekil 2: Gönye Kaçıklığı Ölçümü

9.5. Kenar Kamburluğu (Eğriliği)

Kenar kamburluğu bir kenarda düzgün bir hattan olan kaçıklığı ifade etmektedir. Ölçüm konkav taraftan düzgün bir mastar kullanılarak yapılır.



Şekil 3: Kenar Eğriliği Ölçümü

Kenar kamburluğuna ilişkin toleranslar Tablo 9.7 de verilmiştir. Bu toleranslar ısıl işlemle sertleştirilmiş malzemeler için uygulanmaz.
Kenar kamburluğu da normal olarak üreticiler tarafından ölçülen bir değer değildir. Ancak şüphe veya istek üzerine bu ölçüm yapılmaktadır.

Malzeme genişliği(mm) (w=Genişlik)		Ölçüm uzunluğuna bağlı olarak kenar eşitlik toleransı	
w>=	w<	1000 mm	2000 mm
10	25	4	16
25	40	3	12
40	125	2	8
125	500	1.5	6
500	2100[1]	1	4
[1]2100 mm dahil			

Tablo 9.7 : Kenar kamburluğu toleransları

9.6 Sertifiklar ve Kontrol Dökümanları :

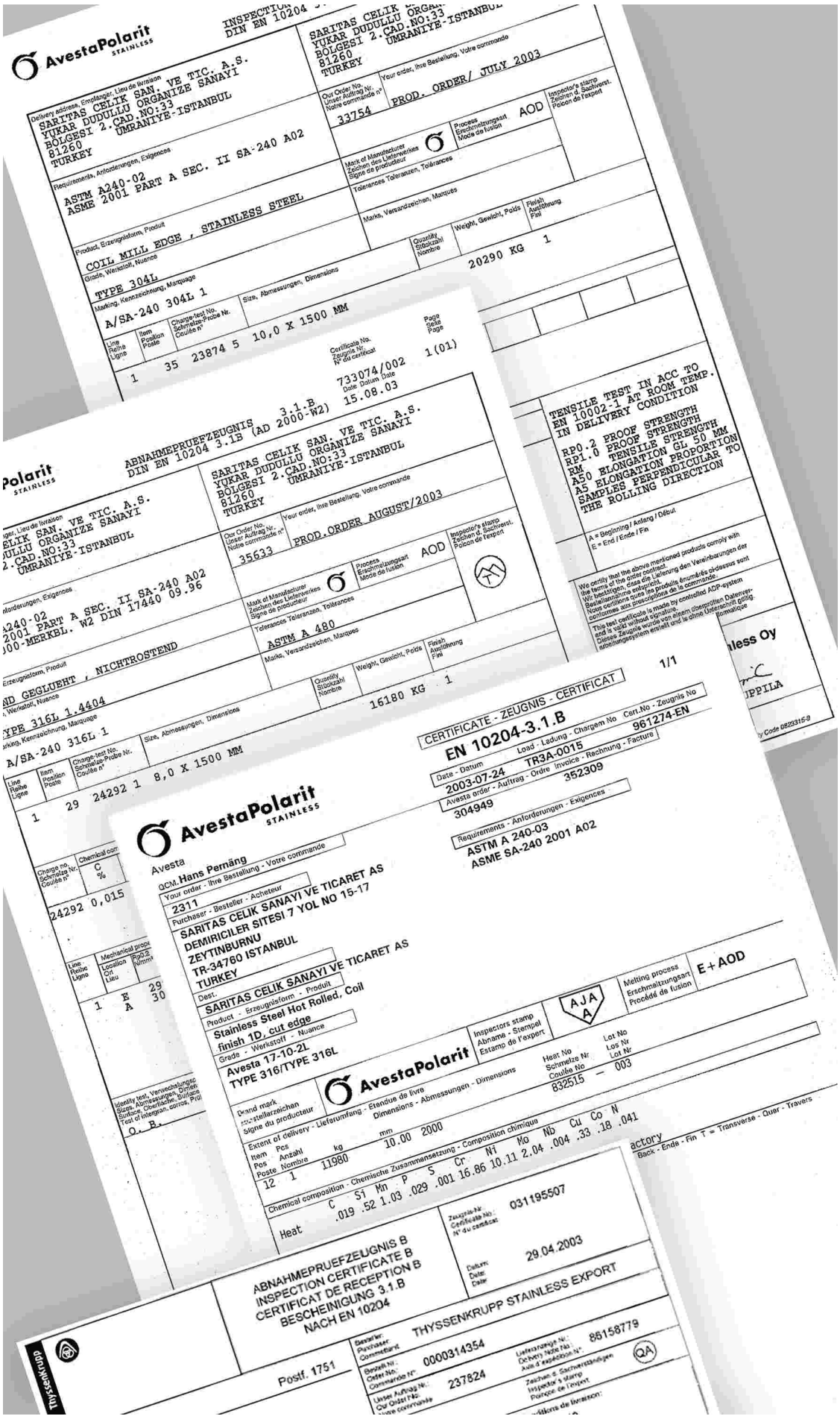
Paslanmaz çelikler korozyona karşı olan yüksek dirençleri yanında üstün mukavemet özellikleri ile de günümüzde pek çok uygulamada tercih edilmektedir. Özellikle konstrüksüyonun hafifletilmesi gereken yerler ile yüksek basınç ve sıcaklık altındaki uygulamalarda yaygın olarak tercih edilmektedir.

Ancak bu kullanımlarda malzemenin kimyasal özellikleri yanında bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin de çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla üretici veya ara işlem yapan kuruluşlar kendi kabiliyetleri ve kontrol imkanları çerçevesinde bazı sertifika ve test raporları yayınlayabilmektedirler. Bu raporlar ve hangi organizasyonlar tarafından yayınlayabileceği; EN 10204 standardında detaylı olarak belirtilmektedir.

Özel bazı uygulamalar için sertifikaların önceden incelenmesi bazı yararlar sağlayabilir. Her ne kadar sertifikalar standartlarda belirtilen sınır değerlerin karşılandığına işaret etse de, bazı hallerde bu sınır değerlerinin neresinde bulunduğunun bilinmesine ihtiyaç duyulabilinir. Özellikle mekanik özellikler açısından önem taşıyan bu bilgiler ile; proseslerin uygulanması sırasında malzemenin göstereceği davranışlar önceden belirlenebilir. Böylece temin edilen malzemeden azami düzeyde yaralanılabilir. Paslanmaz çeliklerle ilgili olarak karşımıza genellikle 2 serisi ve 3 serisi raporlar çıkmaktadır. Bunların en yaygın olarak bilineni 3.1B. sertifikasıdır. Bu sertifika genellikle paslanmaz çelik üretici firmalar tarafından düzenlenir ve ait olduğu partiye ait kimyasal ve mekanik test sonuçlarını belirtir. Bu tip sertifikalarda genellikle ana rulonun başı ve sonu olmak üzere her iki ucundan alınan numuneler çeşitli fiziksel ve kimyasal deneylere tabi tututlurlar. Sertifikada bu ölçülen değerler ayrı ayrı belirtilir. Paslanmaz çeliklerli ilgili olarak karşımıza çıkabilecek sertifika ve kontrol dökümanlarının genel bir listesi Tablo 9.8'de verilmiştir:

Standart Tanımlama	Doküman Adı	Kontrol Tipi	Doküman İçeriği	Dağıtım Şartları	Dağıtım Onay
2.1	Sipariş Uygunluk Sertifikası	Spesifik değil	Test sonuçları ifade edilmeyebilir.	Siparişte belirtilen ihtiyaçlara göre, gereken hallerde resmi dokümanlar ve buna karşılık gelen teknik hususlara göre	Üretici Firma
2.2	Test Raporu		Tahribatsız test ve kontrol yöntemleri ile yapılmış test sonuçlarını içerir.		
2.3	Spesifik Test Raporu	Spesifik	Spesifik test sonuçlarını içerir.		
3.1A	3.1.A Kontrol Sertifikası			Resmi düzenlemeler ve buna karşılık gelen teknik hususlara göre	Resmi kurallara göre belirlenmiş kontrolör
3.1B	3.1.B Kontrol Sertifikası			Siparişte belirtilen spesifikasyonlara göre, gereken hallerde resmi dokümanlar ve buna karşılık gelen teknik hususlara göre	Üreticinin yetkilendirdiği ve üretim biriminden bağımsız bir temsilci
3.1C	3.1.C Kontrol Sertifikası			Siparişte belirtilen spesifikasyonlara göre	Müşterinin yetkilendirdiği temsilci
3.2	3.2 Kontrol Raporu				Üreticinin yetkilendirdiği ve üretim biriminden bağımsız bir temsilci ve müşterinin yetkilendirdiği temsilci

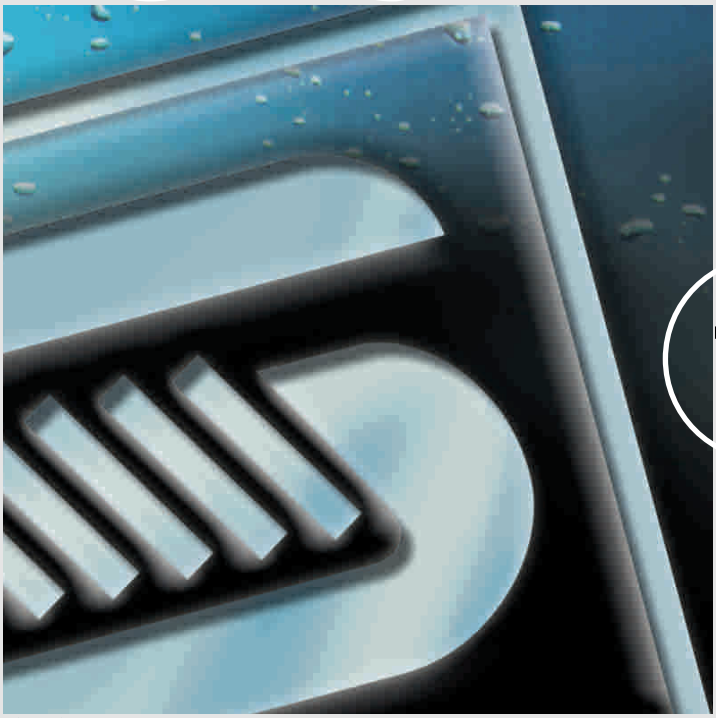
Şekil 9.8 : Sertifika ve Kontrol Dökümanları



9.7. Sertifika örnekleri

9

tablolar



10

Tablolar

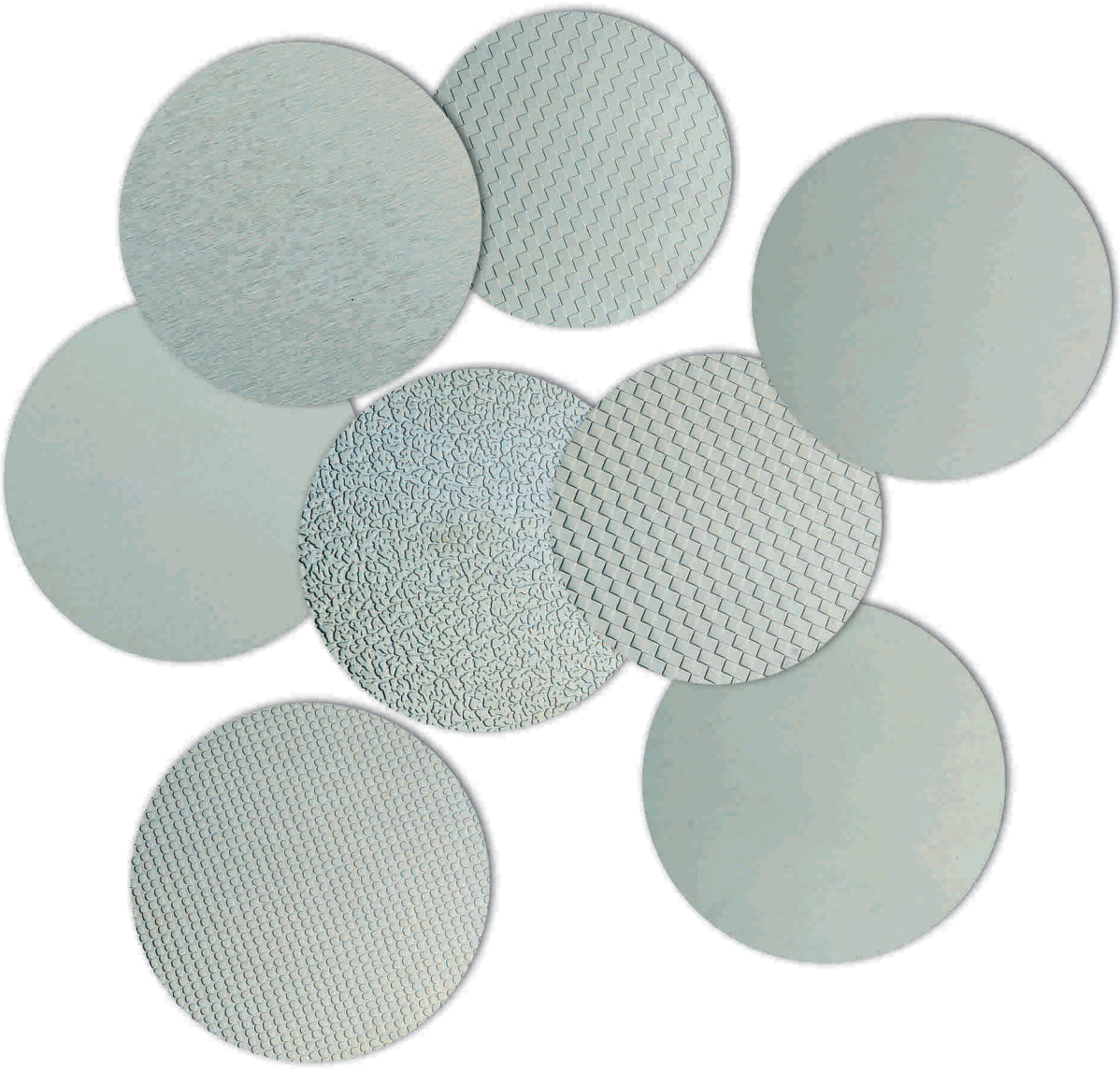
10

Tablolar

10.1. Genel

Bu bölümde paslanmaz çeliklerle ilgili bazı tablolar yer almaktadır. Tablo 10.1'de temel paslanmaz çelik türlerine ait uluslararası standartların karşılıkları yer almaktadır. Günümüzde paslanmaz çeliklerin tanımlanmasında yaygın olarak ASTM (American Society of Testing Materials) ve EN (European Norms) standartları kullanılmaktadır. Bunun yanında yine ABD kökenli olarak UNS (Unified Numbering System) son yıllarda kullanımı giderek artan bir tanım sistemidir. Bunlara ilave olarak belli başlı üretici ülkelere ait standartlara ait tanımlamaların da bilinmesi yararlı olacaktır.

Değişik paslanmaz çelik türlerine ait daha genel ve detiylı bilgiler tablo 10.3'de yer almaktadır. Bu tablolarda belirli kalitelere ait kimyasal değerler, mekanik değerler, korozyon dayanımı, imalat özellikleri ve kullanıma alanlarına ait bilgiler verilmiştir.



Ek1: Paslanmaz Çelik Standartları Karşılık Tablosu

ASTM	EN Malz. No.	EN Sembol	UNS	BS	JIS	NF	SIS
Ferritik Paslanmaz Çelikler							
409	1.4512	X 2 CrTi 12	S40900	409 S 19	SUS 409	Z 3 CT 12	
430	1.4016	X 6 Cr 17	S43000	430 S 17	SUS 430	Z 8 C 17	2320
439 (430Ti)	1.4510	X 3 CrTi 17	S43900		SUS 430 LX	Z 4 CT 17	
Martenzitik Paslanmaz Çelikler							
410	1.4006	X 10 Cr 13	S41000	410 S 21	SUS 410	Z 10 C 13	2302
420	1.4021	X 20 Cr 13	S42000	420 S 37	SUS 420 J 1	Z 20 C 13	2303
	1.4028	X 33 Cr 13		420 S 45	SUS 420 J 2	Z 33 C 14	2304
440C	1.4125	X 105 CrMo 17	S44004	-	SUS 440C	Z 100 CD17	-
Dublex Paslanmaz Çelikler							
2205	1.4462	X 2 CrNiMoN 22-5-3	S31803	318 S 13	329 J3L	Z 3 CND 22-05 Az	2377
329	1.4460	X 4 CrNiMoN 27-5-2	S32900		SUS 329J1	Z 5 CND 27-05 Az	2324
Ostenitik Paslanmaz Çelikler							
301	1.4310	X 12 CrNi 17-7	(S30400)	301 S 21	SUS 301	Z 11 CN 18-08	2331
304	1.4301	X 12 CrNi 18-10	S30400	304 S 31	SUS 304	Z 7 CN 18-09	2332/33
304L	1.4306	X 12 CrNi 19-11	S30403	304 S 11	SUS 304 L	Z 3 CN 18-10	2352
	1.4307	X 12 CrNi 18-9					2352
304LN	1.4311	X 12 CrNiN 18-10	S30453	304 S 61	SUS 304 L	Z3 CN 18-10 AZ	2371
309	1.4828	X 12 CrNiSi 20*12	S30900	304 S 24	SUS 309	Z 17 CNS 20-12	

Ek1: Paslanmaz Çelik Standartları Karşılık Tablosu / Devamı

309S	1.4833	X 12 CrNi 24-12	S30908	309S16	SUS 309 S	Z15 CN 24-13	
310	1.4841	X15 CrNiSi 25-20	S31000	314 S 24	SUS 310	Z 15 CNS 25-20	
310S	1.4845	X12 CrNi 25-21	S31008	310 S 16	SUS 310 S	Z8 CN 25-20	2361
316	1.4401	X 5 CrNiMo 17-12-2	S31600	316 S 31	SUS 316	Z 7 CND 17-11-02	2347
	1.4436	X 3 CrNiMo 17-13-3		316 S 33		Z 7 CND 18-12-03	2343
316L	1.4404	X 5 CrNiMo 17-12-2	S31603	316 S 11	SUS 316 L	Z 3 CND 17-12-02	2348
	1.4432	X 5 CrNiMo 17-12-3		316 S 13		Z 3 CND 17-12-03	2353
	1.4435	X 1 CrNiMoTi 18-14-3	S31603	316 S 13		Z 3 CND 17-11 Az	2353
316LN	1.4406	X 2 CrNiMoTi 17-11-2	S31653	316 S 61	SUS 316 LN	Z 6 CNDT 17-12	2375
316Ti	1.4571	X 6 CrNiMoTi 17-12-2	S31635	320 S 31	SUS 316 Ti	ZH CNT 18-10	2350
321	1.4541	X 6 CrNiTi 18-10	S32100	321 S 31	SUS 321	Z 6 CNNb 18-10	2337
347	1.4550	X 6 CrNiTib 18-10	S34700	347 S 31	SUS 347		2338
		Çökelme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler					
631	1.4568	X 7 CrNiA1 17-7	S17700	301 S 81	SUS 631	Z 9 CNA 17-07	2388

10.3. Tablolar 409

10

ASTM Standardı	409
EN Standardı	1.4512
UNS Standardı	S40900
Sınıfı	Ferritik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim (ağ. %)	C	Cr	Ni	Ti
En çok	0,08	12.5	-	(6xC)
En az	0	10,5	-	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	220
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,7
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	10,5
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,60
Özgül Isı (J/kg.K)	460
Isı İletkenliği (W/m.K)	25
Manyetiklik	Var

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
		en az 240	520	>40	160
Tavlanmış Durumda	en az 220		720		210
Soğuk İşlenmiş	350'e kadar				
Yüksek Sıcaklık Özellikleri			300	400	500
Sıcaklık (°C)	100	200	205	200	-
Elastiklik Modülü (GPa)	215	210	180	-	-
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	200	190	11,5	12	12
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	10,5	11			

Korozyon Dayanımı	%11 krom oranı ile havaya suya ve pek çok kimyasala karşı iyi korozyon dayanımı gösterir. Ti katkısı ile içyapı stabilize edildiğinden karbür çökelmesi ve tanelerarası korozyon hassasiyeti sözkonusu değildir.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek sıcaklıklar için tercih edilen bir kalite değildir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	770-830 °C sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Daha sonra havada soğutulur.
Sıcak Şekillendirme	1050-750 °C sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra havada soğutulur.
Soğuk Şekillendirme	Kalınlığa bağlıdır, ama genel olarak iyidir. İnce taneli bir içyapıya sahip olması halinde tokluk ve işlenebilme kabiliyeti daha iyileşir. Ancak şekillendirmede saçın haddeleme yönüne dikkat edilmeli ve haddeleme doğrultusuna paralel keskin kenarlardan kaçınılmalıdır. Yuvarlatma yarıçapı kalınlığın en az 2 katı olmalıdır. Bu malzemeler düşük sıcaklıklarda gevrek olduklarından şekillendirme işlemleri oda sıcaklığı veya üzerinde yapılmalıdır.
Talaşlı İmalat	Talaşlı işleme özellikleri dayanımı 500 MPa olan yumuşak çeliğe benzerdir. İyi kalite yüksek hız çeliğinden veya karbür takımlar tercih edilmelidir.
Kaynak Edilebilirlik	Kaynak kabiliyeti iyidir. Ayrıca düşük karbonlu çelik saclarla da kaynağı mümkündür. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. 3'mm den kalın saçlarda 100-300 °C aralığında ön ısıtma uygun olur. Kaynak sonrası ısıl işlem genellikle gerekli değildir; ancak kalın parçalarda gerekebilir.

Kullanım Alanları	Bu paslanmaz çeliğin yüzeyinde 800 °C sıcaklığa kadar yüzeyde tufal oluşumu görülmez ve ayrıca malzeme yeterli bir genel korozyon dayanımı vardır. Dolayısıyla otomobillerde susturucu ve ekzos sistemlerinde kullanılır. Alaşım elementleri katılarak malzemenin bu özellikleri daha da iyileştirilebilir. Bu alaşım demiryolu vagonlarında, konteynerlerde ve otobüs karöserisinde kullanılır. Kimya, petrokimya sanayinde borularda, ısı değiştiricilerinde, buhar ve su vanalarında, fittinglerde, mutfak aletleri ve spor ekipmanlarında seçilebilir. Ancak genellikle galvanizli çeliğin yeterli olmadığı kaynaklı uygulamalarda kullanılır (örneğin ekzos elemanları).

ASTM Standardı	430
EN Standardı	1.4016
UNS Standardı	S43000
Sınıfı	Ferritik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0.08	18	-	
En az		16	-	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	220
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,7
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	10
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,60
Özgül Isı (J/kg.K)	460
Isı İletkenliği (W/m.K)	25
Manyetiklik	Var

Mekanik Özellikler					
		%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
	Tavlanmış Durumda	en az 210	430 - 600	> 20	150 - 190
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	216	212	206	197	
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	220	210	200	190	110
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	10	10	10,5	10,5	11

Korozyon Dayanımı	Doğru ısıl işlem yapılmış durumda atmosferik korozyona dayanımı iyidir. Klorür içermeyen sulu ortamlarda, zayıf organik asitli ortamlarda, deterjanlarda ve alkali çözeltilerde korozyon dayanımı iyidir. Diğer mineral asitlere ve klorürlere korozyon dayanımı yeterli değildir. Sıcak işlemlerden sonra (kaynak gibi) tanelerarası korozyona dayanımını tekrar kazanması için tavlama gerekir. Oksitleyici ortamlarda klorüre karşı çok hassastır.
Yüksek Sıcaklıkta	800ºC sıcaklığa kadar sürekli olarak, 850ºC sıcaklığa kadar kesikli olarak kullanılabilir ve yeterli tufal oluşumu direnci vardır. Kömür ve petrol yakıtlı fırınların kükürt içeren gazlarına karşı korozyon dayanımı iyidir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	750-850 °C sıcaklık aralığında 20-30 dakika tutulur. Tavlama sonrasında kalınlığa bağlı olarak su veya havada soğutulur.İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Gerilim Giderme Tavı	650-700 °C sıcaklık aralığında 15 dakika tutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir. Tavlama sonrasında kalınlığa bağlı olarak su veya havada soğutulur.
Sıcak Şekillendirme	1050-750 °C sıcaklık aralığında yapılır. Havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Malzemenin kalınlığına bağlıdır. Ferritik çelikler düşük sıcaklıklarda gevrek olduklarından 3 mm kalınlıktaki saçlar en az oda sıcaklığında olmak üzere (20 °C) şekillendirilebilirler. Daha kalın saçlarda 100 – 300 °C sıcaklığa ısıtmak gerekebilir. Soğuk haddelenmiş saçlarda keskin köşeler haddeleme doğrultusuna paralel olarak yapılmamalıdır.
Talaşlı İmalat	Yumuşak ferritik içyapı nedeniyle malzemenin sıvanma eğilimi vardır. Talaşlı işlenebilme özelliği dayanımı yaklaşık 500 MPa olan alaşımsız çeliğin işlenmesindeki koşullara benzer.
Kaynak Edilebilirlik	Kaynak kabiliyeti orta düzeydedir ve kaynak sonrası tavlama önerilir. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. 3 mm'den kalın saçlarda 100-200 °C arasına ön ısıtma önerilir. Taneleraras korozyona dayanımı tekrar kazanması için kaynak sonrasında tavlama gerekir. Özel uygulamalar için uzman görüşü alınması yerinde olur. Kaynak sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilemez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	Temel ferritik kalite paslanmaz çeliktir. Düşük ısıl genleşme, iyi şekillendirilebilme ve oksidasyona dayanım karakteristik özellikleridir. Genel amaçlar için kullanılan bir paslanmaz çelik kalitesidir. Otomotiv sanayinde karoser parçaları, tampon vs.üretiminde kullanılır. Tüm mutfak ekipmanı ve çatal-kaşık üretiminde tercih edilir. Ayrıca gıda, kimya sanayi ile iç mimaride uygulama alanı bulur.

ASTM Standardı	439 (430Ti)
EN Standardı	1.4510
UNS Standardı	S43900
Sınıfı	Ferritik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	Ti
En çok	0.07	19	0.5	0,2+4(C+N)
En az		17	-	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	220
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,7
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	10
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,60
Özgül Isı (J/kg.K)	460
Isı İletkenliği (W/m.K)	25
Manyetiklik	Var

Mekanik Özellikler					
		%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
	Tavlanmış Durumda	en az 240	430 - 600	> 25	140 - 190
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	218	212	205	197	
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	195	185	165	160	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	10	10	10,5	10,5	11

Korozyon Dayanımı	Korozyon dayanımı çok iyidir. Gerilmeli korozyon dayanımı hassasiyeti yoktur. Yüksek krom sayesinde noktasal (pitting) korozyonu, aralık korozyonu ve genel korozyon dayanımı yüksektir. Doğru ısıl işlem yapılmış durumda atmosferik korozyona dayanımı iyidir. Klorür içermeyen sulu ortamlarda, zayıf organik asitli ortamlarda, deterjanlarda ve alkali çözeltilerde korozyon dayanımı iyidir. Diğer mineral asitlere ve klorürlere korozyon dayanımı yeterli değildir.
Yüksek Sıcaklık Özellikleri	Oksidasyona karşı direnci mükemmeldir. Yüksek sıcaklık dayanımı iyidir. 900°C'a kadar değişken sıcaklıklarda kullanılabilir ve yeterli tufal oluşumu direnci vardır.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	750-850°C sıcaklık aralığında 20-30 dakika tutulur. Tavlama sonrasında kalınlığa bağlı olarak su veya havada soğutulur.İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Gerilim Giderme Tavı	650-700 °C sıcaklık aralığında 15 dakika tutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir. Tavlama sonrasında kalınlığa bağlı olarak su veya havada soğutulur.
Sıcak Şekillendirme	1100-850 °C sıcaklık aralığında yapılır. İşlem sonrası havada soğutulur. Yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Malzemenin kalınlığına bağlıdır. Ferritik çelikler düşük sıcaklıklarda gevrek olduklarından 3 mm kalınlıktaki saçlar en az oda sıcaklığında olmak üzere (20°C) şekillendirilebilirler. Daha kalın saçlarda 100 – 300°C sıcaklığa ısıtmak gerekebilir. Soğuk haddelenmiş saçlarda keskin köşeler haddeleme doğrultusuna paralel olarak yapılmamalıdır.
Talaşlı İmalat	Yumuşak ferritik içyapı nedeniyle malzemenin sıvanma eğilimi vardır. Talaşlı işlenebilme özelliği dayanımı yaklaşık 500 MPa olan alaşımsız çeliğin işlenmesindeki koşullara benzer.
Kaynak Edilebilirlik	Kaynak kabiliyeti orta düzeydedir. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Gevrekleşmeyi ve tane irileşmesini önlemek için mümkün olan en düşük ısı girdisi ile çalışmak gerekir. 200°C sıcaklığa önısıtma yapılabilir. Kaynak sonrası ısıl işlem zorunluluğu yoktur. Ayrıca bu kalite çeliği, ostenitik paslanmaz ve alaşımsız çeliklerle kaynatmak mümkündür.

Kullanım Alanları	Yüksek sıcaklığa dayanıklılığı, kaynak edilebilirlik ve şekil verme özelliklerinin optimize edildiği bir kalitedir. İyi kaynak edilebilmesi ve sünekliği ev aletlerinde bulunan su ısıtıcıları için ideal bir malzeme olmasını sağlar. Sıcaklığın değiştiği durumlarda da korozyona dayanıklı olduğundan özellikle ekzos sistemleri için de uygundur. Bazı uygulama yerleri: çamaşır makinaları, gıda tesisleri, su ısıtıcıları, ısı değiştirgeçleri, ev aletleri, otomotiv ekzos bileşenleri.

ASTM Standardı	420
EN Standardı	1.4021
UNS Standardı	S42000
Sınıfı	Martenzitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok		14		
En az	0.15	12		

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	216
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,7
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	10,5
Elektrik Direnci ($\Omega mm^2/m$)	0,6
Özgül Isı (J/kg.K)	460
Isı İletkenliği (W/m.K)	30
Manyetiklik	Var

10.3. Tablolar 420

10

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)		Çekme Dayanımı (Mpa)	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	450		650-800	>15	180-230
Suverme sonrasında			1570		450
Suverme + temperleme	Temperleme sıc. 650°C		930		300
Suverme + temperleme	Temperleme sıc. 750°C		750		230
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	213	207	200	192	
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	420	400	365	305	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	10,5	11	11,5	12	12

Korozyon Dayanımı	Zayıf asitlere dayanımı iyidir. Özellikle oksitleyici ortamda klorür bulunması durumunda korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Yüksek Sıcaklık Oksidasyonu	Yaklaşık 700 °C'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklıdır.

İmalat Özellikleri

Suverme	Bu malzeme ısıl işlemlerle ıslah edilerek (suverme+temperleme) yüksek mukavemet artırılabilir. Bu amaçla 950 – 1050 °C sıcaklık aralığında ısıtılan malzeme, kalınlığına bağlı olarak yağ veya havada suverilerek sertleştirilir. Oluşan içyapı ferritik-martenzitiktir. Daha sonra temperleme yapılır.
Yumuşatma Tavı	730-780 °C sıcaklık aralığında 2-6 saat tutularak yumuşatma tavı yapılır. Havada veya fırında soğutulur.
Sıcak Şekillendirme	1100-800 °C sıcaklık aralığında şekil verildikten sonra parça kalınlığına bağlı olarak, kapalı ortamda (mesela kum içinde) veya havada soğutulur.
Talaşlı İmalat	Talaşlı İmalat Talaşlı imalat özelliği yumuşak yapısal çeliklere benzerdir. İyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar tercih edilmelidir.
Kaynaklanabilirlik	Genellikle kaynak işlemi için uygun bir malzeme değildir. Örneğin 350 °C sıcaklıkta ön ısıtma yaparak TIG kaynağ uygulanabilir. Kaynak sonrasında tavlama yapmak gereklidir.

Kullanım Alanları	Islah sonrasında mekanik özellikleri mükemmel olur. Düşük sıcaklıklarda kırılgandır. Yüksek dayanım ve aşınmaya karşı mukavemet gerektiren genel mühendislik kullanımlarında tercih edilir. Örneğin bıçaklar ve tıbbi aletler, kalıplar parçaları, fren diskleri, akslar, pompa parçaları, biyel kolları, sübaplar, saplamalar vb.

ASTM Standardı	2205
EN Standardı	1.4462
UNS Standardı	S31803/S32205
Sınıfı	Ferritik - Ostenitik (dublex)
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	M	N
En çok	0.03	23	6.5	3.3	0.2
En az		21	4.5	2.5	0.08

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,8
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,5
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,80
Özgül Isı (J/kg.K)	450
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Var

Mekanik Özellikler		%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
	Tavlanmış Durumda	en az 460	640-900	> 25	200 - 280
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	360	315	290		
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	12	12.5	13		

Korozyon Dayanımı	Korozyonun alışılagelmiş türlerine karşı dayanımı yüksektir. Ayrıca gerilmeli çatlama korozyonuna karşı dayanımı ostenitiklerden daha iyidir. Tokluk ve sünekliği ise ferritiklere göre daha iyidir. Bileşimde azot bulunması kaynaklı durumda dahi korozyon dayanımının iyi olmasını sağlar.
Yüksek Sıcaklık Özellikleri	Yüksek sıcaklıklarda metallerarası bileşiklerin çökelmesi sözkonusudur. Bu nedenle en çok 300 °C sıcaklığa (kaynaklı durumda ençok 250°C) kadar kullanılması tavsiye edilir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	1020-1100 (°C) her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Malzeme kalınlığına bağlı olarak havada veya suda soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Mukavemeyi yüksek olduğundan ostenitiklere göre daha güç şekil verilebilir. Keskin kenarların haddeleme doğrultusuna paralel olmamasına dikkat etmek gerekir. Ostenitik paslanmaz çeliklerden pekleşmesi daha düşüktür. Ancak dayanımı yüksek olduğundan şekillendirme için gerekli kuvvetler yüksektir. %10'un altında yapılacak şekillendirmelerde işlem sonrası ısıl işlem gerekmez.
Sıcak Şekillendirme	1150-900 °C sıcaklık aralığında sıcak şekillendirilebilir. Soğutma havada yapılır. Değişik metallerarası bileşiklerin çökelmesi sonucu gevrekleşme olabilir. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Talaşlı İmalat	Talaşlı işleme kabiliyeti ostenitik paslanmaz çeliklere benzer. İyi kalite yüksek hız çeliğinden veya karbür takımlar tercih edilmelidir.
Kaynak Kabiliyeti	Çok iyidir. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Kaynak sonrasında tavlama gerekli değildir. Ancak ısıdan etkilenen bölgede dublex yapıyı tam olarak elde etmek güçtür ve bu nedenle tokluk düşer. Kaynak sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	Mekanik özellikleri, korozyon dayanımı çok iyi olduğundan, birçok alanda kullanılabilir. Kimya, petrokimya sanayi ve off-shore uygulamalarında tercih edilir. Uygulama örnekleri olarak asidik gazların nakledildiği boru hatları, ve kuvvet taşıyan konstruksiyonlar gösterilebilir. Bu malzeme -10 ila + 280 °C sıcaklıkları arasında basınçlı kaplarda kullanılabilir.

10.3. Tablolar 304

10

STM Standardı	304
EN Standardı	1.4301
UNS Standardı	S30400
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0.08	20	10.5	
En az	0	18	8	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,0
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,73
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	yok

Mekanik Özellikler	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 200	en az 240	500	>45	130 - 180
Soğuk İşlenmiş	500'e kadar		600		200
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	157	127	110	98	92
%1 Akma Dayanımı (MPa)	191	157	135	125	120
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	16	16	17	18	18

Korozyon Dayanımı	Atmosferik korozyona dayanımı mükemmeldir. Nötr nemli ortamlarda, alkali ortamlarda ve klorür içermeyen asidik ortamlarda korozyon dayanımı iyidir. 304 kalite paslanmaz çelik diğer birçok ortamda da yeterli korozyon dayanımına sahiptir. Mimari uygulamalarda paslanma tehlikesi yoktur. Ayrıca gıda işleme ortamlarına uygundur, kolay temizlenir, organik kimyasallara ve birçok inorganik kimyasala dayanıklıdır. Ilık klorürlü ortamlarda korozyona uğrayabilir.
Yüksek Sıcaklık Özellikleri	Yaklaşık 870°C'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklıdır. Eğer yüksek sıcaklık kullanımından sonra oda sıcaklığında sulu ortamlarda kullanılacaksa, 425-860°C sıcaklık aralığında sürekli kullanılması tavsiye edilmez. Bu çelikte yüksek sıcaklıklarda oksitleyici ve nemli klorürlü ortamlarda gerilme korozyon çatlaması görülebilir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	Tavlama1000-1100 oC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Tavlama sonrası havada soğutulur; 2mm'den kalın yassı mamullerde soğutma suda yapılır. Tavlama sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal oluşumu korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle bu tür tabakalar uzaklaştırılmalıdır (kimyasal veya mekanik yöntemlerle)
Sıcak Şekillendirme	1150-850ºC sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra malzeme 2mm'den ince ise havada, daha kalın ise suda soğutulur. Sıcak şekil verme sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal oluşumu korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle bu tür tabakalar uzaklaştırılmalıdır (kimyasal veya mekanik yöntemlerle)
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. %15'ten daha fazla şekil vermede tavlama gerekli olur.
Talaşlı İmalat	Talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İşleme sırasında iyi soğutma gereklidir.
Kaynak Edilebilirlik	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 200ºC'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası ısıl işlem genellikle gerekli değildir. Kaynak sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle uzaklaştırılmalıdır. (kimyasal veya mekanik yöntemlerle)

Kullanım Alanları	En yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik türüdür. Korozyon dayanımı, soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti ve kaynak kabiliyetinin çok iyi olması nedeniyle 304 kalite paslanmaz çelik geniş bir kullanım alanı bulur. Ev eşyaları, bulaşık makinaları, mutfak cihazları, mimari ve otomotiv uygulamalar örnek olarak gösterilebilir. Bunun yanında gıda işleme tesisleri, fermentasyon ekipmanları ve azot tesislerinde tercih edilir. Kaynak sonrası hızlı (suda) soğutulamıyacak parçaların üretiminde 6 mm'den daha kalın malzeme kullanılmamalıdır; Aksi halde yavaş soğumada karbür çökeleceğinden tanelerarası korozyon hassasiyeti sözkonudur. 304 kalite paslanmaz çelik, sıvılaştırılmış gazların bulunduğu çok düşük sıcaklıklarda dahi mükemmel tokluğa sahip olduğundan, birçok düşük sıcaklık kullanımı için ideal bir malzemedir.

10.3. Tablolar 304L

10

ASTM Standardı	304L
EN Standardı	1.4306
UNS Standardı	S30453
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0,03	20	12	
En az	0	18	8	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,0
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,73
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 290	en az 220	470	>45	145
Soğuk İşlenmiş	500'e kadar		560		190
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	147	118	100	89	81
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	181	147	127	116	109
	16	17	17	18	18

Korozyon Dayanımı	Korozyon dayanımı 304'e benzerdir. 304 ün özelliklerine ek olarak, tanelerarası korozyona ve gerilmeli korozyon çatlağına karşı dayanıklılığı da iyidir. Karbon miktarı düşük olduğundan karbür çökelmesi ile içyapı değişiklikleri oluşmaz ve kaynak veya gerilim giderme işlemlerinden sonra dahi tanelerarası korozyon hassasiyeti ortaya çıkmaz. Atmosferik korozyona nötr nemli ortamlar alkalin korozyonuna klorürsüz asit ortamlarına karşı dayanıklılığı iyidir. Özellikle nitrik aside dayanımı iyidir.
Yüksek Sıcaklıkta	Yaklaşık 900ºC'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklıdır. Mekanik zorlama altında kullanım 500 ºC'a kadar sınırlıdır.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1000-1080 ºC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Tavlama sonrası havada soğutulur; 2mm'den kalın yassı mamullerde soğutma işlemi suda yapılır. Tavlama sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal oluşumu korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle bu tür tabakalar uzaklaştırılmalıdır (kimyasal veya mekanik yöntemlerle).
Sıcak Şekillendirme	1150-850 ºC sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra malzeme havada soğutulur. Tavlama sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal oluşumu korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle bu tür tabakalar uzaklaştırılmalıdır (kimyasal veya mekanik yöntemlerle).
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. %15'ten daha fazla şekil verme sonrasında tavlama gerekli olur.
Talaşlı İmalat	Talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İyi soğutma gereklidir
Kaynak Edilebilirlik	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 200ºC 'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası ısıl işlem genellikle gerekli değildir. Kaynak sırasında yüzeyde oluşan renk değişimleri ve tufal korozyon dayanımını düşürür, bu nedenle uzaklaştırılmalıdır (kimyasal veya mekanik yöntemlerle)

Kullanım Alanları	Kaynak edilmesi gereken, fakat daha sonra tavlanması mümkün olmayan parçalar için tercih edilir. Korozyon dayanımı, soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti ve kaynak kabiliyetinin çok iyi olması nedeniyle bu paslanmaz çelik, geniş bir kullanım alanı bulur. Organik ve meyva asitlerine maruz kalacak yerlerde kullanılabilir. Bu nedenle gıda, sabun ve suni elyaf sanayinde tercih edilir. Kimya, petrokimya, kağıt ve deri sanayinde de kullanımı yaygındır. Özellikle yüksek derişiklikte nitrik asit bulunan ortamlara dayanıklıdır.

10.3. Tablolar 304LN

10

ASTM Standardı	304LN
EN Standardı	1.4311
UNS Standardı	S30453
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	N
En çok	0,03	20	12	0,12
En az	0	18	8	0,22

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,0
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,73
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 270	en az 310	550-750	>40	150-210
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	205	157	136	125	119
%1 Akma Dayanımı (MPa)	240	187	167	156	149
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	16	17	17	18	18

Korozyon Dayanımı	Korozyon dayanımı 304L kaliteye benzerdir; Atmosferik korozyona, nötr nemli ortamlara, alkalin korozyonuna, klorürüsüz asidik ortamlara dayanımı iyidir. Bu özelliklere ek olarak azot katkısıyla mekanik mukavemeti iyileştirilmiştir. Karbon miktarı düşük olduğundan tanelerarası korozyon hassasiyeti oluşmaz.
Yüksek Sıcaklıkta	400 °C sıcaklığa kadar tanelerarası korozyona çok iyi direnç gösterir. Mekanik zorlama altında kullanım 500°C ile sınırlıdır. Yaklaşık 900°C'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklı olup iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1000-1100 ºC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Tavlama sonrası havada soğutulur; 2mm'den kalın yassı mamullerde soğutma suda yapılır. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilemez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. Şekil verme miktarı %15'ten fazla olursa tavlama yapılması gerekir.
Sıcak Şekillendirme	1150-850 ºC sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra malzeme havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilemez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Talaşlı İmalat	Talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İyi soğutma gereklidir.
Kaynak Edilebilirlik	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 200ºC 'a düşmesi beklenmelidir. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir. Kaynak sonrası ısıl işlem gerekmez.

Kullanım Alanları	304 L ile benzer korozyon özelliklerine ancak daha yüksek mekanik dayanıma sahiptir. Kaynak edilmesi gereken, fakat daha sonra tavlanması mümkün olmayan parçalar için tercih edilir. Kaynaklı durumda dahi her kalınlıkta tanelerarası korozyona dayanıklıdır. Malzeme 400 ºC sıcaklığa kadar sürekli işletme koşullarında kullanılabilir. Tokluğu dolayısıyla düşük sıcaklıklarda tercih edilir. Kimya, süt ve fermentasyon tesislerinde kullanılan basınçlı kaplar ve proses ekipmanlarında tercih edilir.

ASTM Standardı	**309**
EN Standardı	1.4828
UNS Standardı	S30900
Sınıfı	Ostenitik

Kimyasal Bileşim	**C**	**Cr**	**Ni**	
En çok	0,20	24	15	
En az	0	22	12	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	17
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,85
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)		**Çekme Dayanımı (Mpa**	**Kopma Uzaması (%)**	**Sertlik (Brinell)**
Tavlanmış Durumda	en az 230		500-700	en az 30	160-200
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	600	700	800	900	1000
Sürünme sınırı R_{p1} t=1000h/MPa	120	50	20	8	-
Sürünme Kopma Day. R_m t=10000h/MPa	120	36	18	8,5	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	17,5		18,5		19,5

Sürünme sınırı (**R_{p1}**): 1000 saatte %1 plastik şekil değişimine neden olan gerilme seviyesi
Sürünme Kopma Dayanımı (**R_m**): 10000 saatte kopmaya neden olan gerilme seviyesi

Korozyon Dayanımı	Kükürtlü Gazlara karşı az. Azotlu gazlara karşı mükemmel.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek krom ve nikel miktarı yüksek sıcaklık oksidasyonunu önler. Yaklaşık 1000°C'ye kadar havada ısıya dayanıklıdır. Mekanik ve sürünme mukavemeti iyidir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	1050-1100 (°C)
Şekil Verme Sıcaklığı	1150-800 (°C)
Kaynak Kabiliyeti	İyi. Gaz eritme kaynağı hariç tüm yöntemler.

Kullanım Alanları	Yüksek sıcaklık malzemesidir. Isıya dayanıklı olması gereken uygulamalarda. Fırın ve aparat yapımında saçlar, taşıyıcılar ve borular. Hava ön ısıtıcıları, sementasyon kutuları, tav kapıları vs.

ASTM Standardı	309S
EN Standardı	1.4833
UNS Standardı	S30908
Sınıfı	Ostenitik

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0,08	24	15	
En az	0	22	12	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	17
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,85
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)		Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 210		450-650	en az 30	150-190
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	600	700	800	900	1000
Sürünme sınırı R_{p1} t=1000h/MPa	120	50	20	8	-
Sürünme Kopma Day. R_m t=10000h/MPa	120	36	18	8,5	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	17,5		18,5		19,5

Sürünme sınırı (R_{p1}): 1000 saatte %1 plastik şekil değişimine neden olan gerilme seviyesi
Sürünme Kopma Dayanımı (R_m): 10000 saatte kopmaya neden olan gerilme seviyesi

Korozyon Dayanımı	Kükürtlü Gazlara karşı az. Azotlu gazlara karşı orta.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek krom ve nikel miktarı yüksek sıcaklık oksidasyonunu önler. Yaklaşık 1000°C'ye kadar havada ısıya dayanıklı olup, iyi mekanik ve sürünme dayanıklılığına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	1050-1100 (°C)
Şekil Verme Sıcaklığı	1150-900 (°C)
Kaynak Kabiliyeti	İyi. Gaz eritme kaynağı hariç tüm yöntemler.

Kullanım Alanları	Yüksek sıcaklık malzemesidir. Isıya dayanıklı uygulamalarda.

ASTM Standardı	310
EN Standardı	1.4841
UNS Standardı	S31000
Sınıfı	Ostenitik

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0,25	26	22	
En az	0	24	19	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	17
Elektrik Direnci ($\Omega mm^2/m$)	0,9
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	14
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)		Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 230		550-800	en az 30	165-205
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	600	700	800	900	1000
Sürünme sınırı R_{p1} t=1000h/MPa	150	53	23	10	4
Sürünme Kopma Day. R_m t=10000h/MPa	160	40	18	8,5	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	17,5		18		19

Sürünme sınırı (R_{p1}): 1000 saatte %1 plastik şekil değişimine neden olan gerilme seviyesi
Sürünme Kopma Dayanımı (R_m): 10000saatte kopmaya neden olan gerilme seviyesi

Korozyon Dayanımı	Kükürtlü Gazlara karşı az. Azotlu gazlara karşı mükemmel.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek krom ve nikel miktarı yüksek sıcklık oksidasyonunu önler. Yaklaşık 1000°C'ye kadar havada ısıya dayanıklı olup iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	1050-1100 (°C)
Şekil Verme Sıcaklığı	1150-800 (°C)
Kaynaklanabilirlik	İyi. Gaz eritme kaynağı hariç tüm yöntemler.

Kullanım Alanları	Yüksek sıcaklık malzemesidir. Mekanik zorlama altındaki fırın ve aparat yapımında. Isıtıcı askıları, ısıtıcı iletkenler, tavlama kapları, cehennemlik Isıya dayanıklı uygulamalarda.

ASTM Standardı	310S
EN Standardı	1.4845
UNS Standardı	S31008
Sınıfı	Ostenitik

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	
En çok	0,08	26	22	
En az	0	24	19	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	17
Elektrik Direnci ($\Omega mm^2/m$)	0,085
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	14
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)		Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 210		500-750	en az 35	160-200
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	600	700	800	900	1000
Sürünme sınırı R_{p1} t=1000h/MPa	150	53	23	10	4
Sürünme Kopma Day. R_m t=10000h/MPa	160	40	18	8,5	
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	17		18		19

Sürünme sınırı (R_{p1}): 1000 saatte %1 plastik şekil değişimine neden olan gerilme seviyesi
Sürünme Kopma Dayanımı (R_m): 10000saatte kopmaya neden olan gerilme seviyesi

Korozyon Dayanımı	Kükürtlü Gazlara karşı az-orta. Azotlu gazlara karşı mükemmel.
Yüksek Sıcaklıkta	Yüksek krom ve nikel miktarı yüksek sıcaklık oksidasyonunu önler. Yaklaşık 1050°C'ye kadar havada ısıya dayanıklı olup iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama Sıcaklığı	1050-1100 (°C)
Şekil Verme Sıcaklığı	11.0-800 (°C)
Kaynaklanabilirlik	İyi. Gaz eritme kaynağı hariç tüm yöntemler.

Kullanım Alanları	Yüksek sıcaklık malzemesidir. Sanayi fırınları, buhar kazanları, petrol tesisleri, termoeleman koruyucuları

10.3. Tablolar 316

10

ASTM Standardı	316
EN Standardı	1.4401
UNS Standardı	S31600
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	Mo
En çok	0,08	18	14	3
En az	0	16	10	2

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,95
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,5
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,75
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 210	en az 250	510	> 40	160
Soğuk İşlenmiş	500'e kadar		610		200
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	177	147	127	115	110
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	211	177	156	144	139
	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5

Korozyon Dayanımı	Molibden ilavesi ile mükemmel korozyon dayanımı kazanmıştır. 316 kalite paslanmaz çelik geniş bir kullanım alanına sahiptir. 304 kaliteye üstünlüğü, ılık ve klorür içeren ortamlarda noktasal ve aralık korozyonuna daha dayanıklı olmasıdır. Atmosferde, kuru havada, endüstriyel atmosferlerde, deniz suyunda rahatlıkla kullanılabilir. Bunun yanında birçok gıda işleme ortamında, organik ve inorganik kimyasalların bulunduğu yerlerde korozyon dayanımı daha iyidir. Gerilmeli korozyon çatlağı ve tanelerarası korozyona karşı hassastır.
Yüksek Sıcaklıkta	Molibden ilavesi ile yüksek sıcaklık mukavemeti geliştirilmiştir. Yaklaşık 1090 ºC 'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklı olup, iyi mekanik ve sürünme dayanımına sahiptir. 425-860 ºC sıcaklık aralığında sürekli kullanımı tavsiye edilmez; karbon miktarı daha düşük olan 316L kalite, bu sıcaklıklarda karbür çökelmesine karşı daha dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda aynı zamanda yüksek dayanım gerektiğinde 316H ve 316Ti seçilebilir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1030-1120 ºC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Tavlama sonrası malzeme kalınlığına göre su veya havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Sıcak Şekillendirme	1150-850 ºC sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra malzeme havada soğutulur. Şekil verme sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. %15'ten daha fazla şekil vermede tavlama ısıl işlemi gerekli olur.
Talaşlı İmalat	Talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İşleme sırasında iyi bir soğutma gereklidir
Kaynak Kabiliyeti	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 200ºC 'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası ısıl işlem genellikle gerekli değildir. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	Genel amaçlı ve kaynaklı konstrüksiyonda geniş kullanım bulur. Kaynaklı konstruksiyonlarda 6 mm'den kalın malzeme çökelmesi ve tanelerarası korozyona hassasiyet oluşur. 300 ºC sıcaklığa kadar olan sürekli çalışma ortamlarında tanelerarası korozyona karşı dayanıklıdır.Çok agresif korozif ortamlarda çalışan proses ekipmanları için uygun bir malzemedir. Yüksek sıcaklıkta ve kuvvet taşıyan parçalarda kullanılabilir. Kimya sanayinde, petrokimya sanayinde, ve gıda sanayinde kullanılır. Sıcaklığa mukavim ısı değiştiricilerinde, buhar kazanlarında, endüstriyel mutfaklarda, boru ve ısı değiştirgeçlerinde meyva suyu ve likör üretimi ile et işleme ünitelerinde, nakil ve stok depolarında tercih edilir. Mimaride dış cephe kaplamalarında da uygulama alanı bulur.

10.3. Tablolar 316L

10

ASTM Standardı	316L
EN Standardı	1.4404
UNS Standardı	S31603
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	Mo
En çok	0,03	18	14	3
En az	0	16	10	2

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,98
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,5
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,75
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 200	en az 270	540-700		160-200
Soğuk İşlenmiş	450'e kadar		700'e kadar		200'e kadar
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	166	137	118	108	100
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	199	167	145	135	128
	16,5	17,5	17,5	18,5	18,5

Korozyon Dayanımı	Korozyon dayanımı 316'ya benzerdir. 316'nın özelliklerine ek olarak, tanelerarası korozyona ve gerilmeli korozyon çatlağına karşı dayanıklılığı da iyidir. Karbon miktarı düşük olduğundan karbür çökelmesi ile içyapı değişiklikleri oluşmaz ve kaynak veya gerilim giderme işlemlerinden sonra dahi tanelerarası korozyon hassasiyeti ortaya çıkmaz. Paslanmaz çelikler arasında korozyon dayanımı en iyi olanlardandır. İndirgeyici asitler, deniz suyu ve diğer pitting korozyonuna neden olabilecek ortamlarda kullanılabilir.
Yüksek Sıcaklıkta	Molibden ilavesi ile yüksek sıcaklık mukavemeti geliştirilmiştir. Yaklaşık 1090°C 'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklı olup, iyi mekanik ve sürünme dayanımına sahiptir. 425-860°C sıcaklık aralığında sürekli kullanımı tavsiye edilmez; karbon miktarı daha düşük olan 316L kalite, bu sıcaklıklarda karbür çökelmesine karşı daha dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda aynı zamanda yüksek dayanım gerektiğinde 316H ve 316Ti seçilebilir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1030-1120 ºC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Tavlama sonrası malzeme kalınlığına göre su veya havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. %15'ten daha fazla şekil vermede tavlama ısıl işlemi gerekli olur.
Sıcak Şekillendirme	1150-850 ºC sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra malzeme havada soğutulur. Şekil verme sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Talaşlı İmalat	Talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İşleme sırasında iyi bir soğutma gereklidir
Kaynak Kabiliyeti	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 200ºC 'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası ısıl işlem genellikle gerekli değildir. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	316 kaliteye benzer uygulamalarda kullanılır. 316L kaynak işleminden sonra tavlanma işlemi yapılması mümkün olmayan parçlara içinde kullanılabilir. Çok agresif korozif ortamlarda çalışan proses ekipmanları için uygun bir malzemedir. Yüksek sıcaklıkta ve kuvvet taşıyan parçalarda kullanılabilir. 300 ºC sıcaklığa kadar olan sürekli çalışma ortamlarında tanelerarası korozyona karşı dayanıklıdır. Kimya sanayinde, petrokimya sanayinde, ve gıda sanayinde kullanılır. Sıcaklığa mukavim ısı değiştiricilerinde, buhar kazanlarında, endüstriyel mutfaklarda, boru ve ısı değiştirgeçlerinde meyva suyu ve likör üretimi ile et işleme ünitelerinde, nakil ve stok depolarında tercih edilir. Mimaride dış cephe kaplamalarında da uygulama alanı bulur.

10.3. Tablolar 316Ti

10

ASTM Standardı	316Ti
EN Standardı	1.4571
UNS Standardı	S31635
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim	C	Cr	Ni	Mo	Ti
En çok	0,08	18	14	3	5x(C+N
En az	0	16	10	2	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,98
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16,5
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,75
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 220	en az 270	540-700	>40	160-200
Soğuk İşlenmiş	500'e kadar		700'e kadar		200'e kadar
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	185	167	145	135	129
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	218	191	175	164	158
	16,5	17,5	18	18,5	19

Korozyon Dayanımı	Korozyon özellikleri 316 kaliteye benzerdir. Titanyum ilavesi ve bileşimdeki karbonun titantum karbür olarak bağlanması ile içyapı stabilize edilmiştir. Bu sayede kaynak ve tavlama işlemlerinden sonra içyapı değişikleri olmaz; tanelerarsı korozyona dayanımı çok iyidir. Kaynaklı durumda dahi 400 °C'a kadar sürekli çalışma sıcaklıklarında kullanılabilir
Yüksek Sıcaklıkta	316 kaliteye benzer, yüksek sıcaklık özellikleri kullanımlara uygundur. Yaklaşık 900°C'ye kadar yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı dayanıklı olup iyi mekanik ve sürtünme dayanıklılığına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1030-1120 ºC sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika süre ile tutulur. Soğutma havada yapılır. 2 mm'den kalın ürünlerde soğutma suda yapılır. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Bütün ostenitik çelikler gibi 316Ti paslanmaz çeliğinin soğuk şekillendirme kabiliyeti mükemmeldir. %15'ten fazla şekillendirme yapıldığında tavlama gerekir.
Sıcak Şekillendirme	1150-800 ºC sıcaklık aralığında yapılır ve havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Talaşlı İmalat	Karbon çeliklerine oranla işlenebilme kabiliyeti düşüktür. İyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İşleme sırasında iyi soğutma gereklidir.
Kaynak Edilebilirlik	Mükemmel. Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler kullanılabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 150 ºC'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası tavlama gerekmez. Kaynak sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	316 kaliteye benzer özelliklere sahiptir, ek olarak yüksek sıcaklık özellikleri daha iyidir. Taneleraası korozyona dayanıklıdır. Kaynaklı durumda dahi 400 ºC'a kadar sürekli çalışma sıcaklıklarında kullanılabilir. Molibden katkısı ile klorürlü ortamlarda da noktasal (pittting) korozyonuna dayanımı artırılmış olduğundan: kimya, petrokimya, kömür, katran sanayi, selüloz üretimi, tekstil proses ekipmanları, boya tesisleri, fotograf sanayi, sentetik reçine ve lastik sanayi gibi yerlerde geniş kullanım bulur.

10

ASTM Standardı	321
EN Standardı	1.4541
UNS Standardı	S32100
Sınıfı	Ostenitik
Ürün Türleri	Sıcak ve soğuk haddelenmiş sac, şerit, levha, çubuk vb

Kimyasal Bileşim (ağ. %)	C	Cr	Ni	Ti
En çok	0,08	19	12	(5xC) en çok 0,70
En az	0	17	9	

Fiziksel Özellikler	
Elastiklik Modülü (GPa)	200
Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	7,9
Isıl Genleşme Katsayısı (1/K)	16
Elektrik Direnci (Ωmm^2/m)	0,73
Özgül Isı (J/kg.K)	500
Isı İletkenliği (W/m.K)	15
Manyetiklik	Yok

Mekanik Özellikler					
	%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	%1 Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (Mpa	Kopma Uzaması (%)	Sertlik (Brinell)
Tavlanmış Durumda	en az 205	en az 240	520	>40	160
Soğuk İşlenmiş	450'e kadar		720		210
Yüksek Sıcaklık Özellikleri					
Sıcaklık (°C)	100	200	300	400	500
Elastiklik Modülü (GPa)	194	186	180	172	165
%0.2 Akma Dayanımı (MPa)	190	167	146	130	121
% 1 Akma Dayanımı (MPa)	208	186	167	156	149
Isıl Genleşme Kat. (1/K)	16	17	17	18	18

Korozyon Dayanımı	Korozyon dayanımı mükemmeldir. Korozyon özellikleri 304 kalite paslanmaz çeliği benzerdir; ancak titanyum ile stabilize edildiğinden krom karbür çökelmesi ve taneleraası korozyon hassasiyeti görülmez. Gerilmeli korozyon çatlağına hassastır.
Yüksek Sıcaklıkta	430 - 900 °C sıcaklıklarda kullanımlar için uygundur. İyi mekanik özelliklere ve sürünme dayanımına sahiptir.

İmalat Özellikleri

Tavlama	1000-1100 °C sıcaklık aralığında, her mm kalınlık için 5 dakika tutulur. Soğutma havada yapılır, 2 mm'den kalın ürünlerde suda soğutulur.İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Sıcak Şekillendirme	1150-850 °C sıcaklık aralığında şekillendirildikten sonra havada soğutulur. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.
Soğuk Şekillendirme	Şekillendirme özelliği çok iyidir. %15'ten fazla şekil vermede tavlama gerekli olur.
Talaşlı İmalat	Pekleşme ve ısıl iletkenliğin düşük olması nedeniyle, talaşlı imalat için iyi kalite yüksek hız çeliği veya karbür takımlar kullanılmalıdır. İyi soğutma gereklidir
Kaynak Edilebilirlik	Mükemmel Gaz eritme kaynağı hariç bütün yöntemler uygulanabilir. Ara pasolarda sıcaklığın 2000°C 'a düşmesi beklenmelidir. Kaynak sonrası ısıl işlem gerekli değildir. İşlem sonrası yüzeyde oluşan renk değişimleri veya tufal oluşumları kimyasal veya mekanik olarak giderilmez ise korozyon dayanımı olumsuz etkilenir.

Kullanım Alanları	Kimya sanayinin bir çok uygulamasında(gıda, içki, film ve fotograf sanayi gibi), kaynaklı aparat ve depo yapımında, fittinglerde tercih edilir. Titanyum ile stabilize edildiğinden yüksek sıcaklıklarda içyapı değişimleri ortaya çıkmaz. Örneğin kaynak edilmiş ve tavlanmamış olarak korozif ortamlarda kullanılacak parçalar için seçilebilir. Bu malzeme 400°C sıcaklığa kadar kaynak edilmiş durumda dahi tanelerarası korozyona karşı dayanıklıdır Bütün sıcaklıklarda sünektir. Tokluğu mükemmel olduğu için mühendislikte düşük sıcaklık uygulamalarında tercih edilir.

EN Material Standards

EN 10088-1	Stainless steel grades (general, not for ordering)
EN 10088-2	Stainless steel flat products for general purposes.
EN 10088-3	Stainless steel long products for general purposes.
EN 10095	Heat resisting steels and Ni alloys.
EN 10302	Creep resisting steels and Ni/Co alloys (2002)
EN 10028-7	Stainless flat products for pressure purposes.
EN 10272	Stainless rolled bar for pressure purposes.
EN 10263-5	Stainless rod, bar and wire for cold heading and cold extrusion.

AvestaPolarit Special Steel Conditions

ESR, LIC	for improved steel cleanness
PRODEC®	for improved machinability
HyWeld®	for improved weldability
HyDraw®	for improved deepdrawing
HyStretch®	for improved stretchforming
HyTemp®	for improved creep resistance
HyTens®	for improved mechanical properties

Multicertification is made to EN/ASTM/ASME as well as to superseded national standartds.

EN Tolerances on Dimensions and Shape

EN 10029	Hot rolled steel plate (Quarto)
EN 10051	Hot rolled steel strip/sheet (CPP)
EN 10259	Cold rolled stainless strip/sheet
EN 10258	Cold rolled stainless narrow strip

AvestaPolarit Products

P	Hot rolled plate (Quarto)
H	Hot rolled strip/sheet (CPP)
C	Cold rolled strip/sheet
N	Cold rolled narrow strip
B	Bar
R	Rod

Semifinished products, Tube/pipe, Fittings, Welding consumables.

SAF 2304 and SAF 2507 are made on licence from AB Sandvik Steel.

EN Product Conditions

EN		ASTM	DIN	BS
1D	Hot rolled, heat treated, pickled.	1	c2 (IIa)	1
1Q	Hot rolled, quenched and tempered, pickled.			
2H	Work hardened (cold stretched, temper rolled)	TR	f (IIIa)	
2E	Cold rolled, heat treated, mech. desc. pickl. (VKS®)			
2D	Cold rolled, heat treated, pickled.	2D	h (IIIb)	2D
2B	Cold rolled, heat treated, pickled, skinpassed.	2B	n (IIIc)	2B
2F	Cold rolled, heat treated, pickled, skinpassed on roughened rolls.			

EN		ASTM	DIN	BS
2R	Cold rolled, bright annealed.	BA	m (IIId)	2A
2G	Ground finishes.		o (IV)	3A
2J	Polished/brushed finishes.		q	3B,4
2O 2K	Brushed finishes (HyClean® Superbrush)	6		
2M	Satin finish (for outdoor use)		p (V)	5
2W	Pattern rolled on one side (HyClad®, Deco™)	3,4		
	Profile rolled (Nyby® patterns)			

		Steel designations for ordering		AvestaPolarit steel name	AvestaPolarit chemical composition, average %						National steel designations for steel specifications similar to EN				Former Steel designations		AvestaPolarit products	Welding consumables
		EN	ASTM		C	N	Cr	Ni	Mo	Others	JIS/Japan	GB/PR China	KS/Korea	GOST/Russia	Avesta Sheffield	Outokumpu Polarit		
WET CORROSION AND GENERAL SERVICE	Ferritic	1.4016	430	4016	0.04	-	16.5	-	-	-	SUS 430	1Cr17	STS 430	12Ch17	430		C N B R	308L/MVR or 309L
		1.4510	S43035	4510	0.04	-	18	-	-	Ti	SUS 430LX	00Cr17	STS 430LX	08Ch17T	439		C R	308L/MVR or 309 L
		1.4521	444	4521	0.02	0.02	17.8	-	2.1	Ti	SUS 444	-	STS 444	-	444		C	316L/SKR or P5
	Mart.	1.4021	420	4021	0.20	-	13	-	-	-	SUS 420J1	2Cr13	STS 420J1	20Ch13	420L		H N B R	739S
		1.4028	420	4028	0.30	-	12.5	-	-	-	SUS 420J2	3Cr13	STS 420J2	30Ch13	420M		N R	739S
		1.4418	-	248 SV	0.03	0.04	16	5	1	-	-	-	-	-	248SV		P B R	248SV
	Duplex	1.4362	S32304	SAF 2304®	0.02	0.10	23	4.8	0.3	-	-	-	-	-	SAF2304®		P H C	2205 or 2304
		1.4460	329	4460	0.02	0.09	25.2	5.6	1.4	-	SUS 329J1	0Cr26Ni5Mo2	STS 329J1	-	25-5-1L		B	4535 or 2205
		1.4462	S32205*	2205	0.02	0.17	22	5.7	3.1	-	SUS 329J3L	00Cr22Ni5Mo3N	STS 329J3L	-	2205		P H C B R	2205
		1.4410	S32750	SAF 2507®	0.02	0.27	25	7	4	-	-	-	STS 329J4L	-	SAF2507®		P C	2507/P100
	Austenitic	1.4310	301	4310	0.10	0.03	17	7	-	-	SUS 301	1Cr17Ni7	STS 301	07Ch16N6	17-7	710	H C N B R	308L/MVR
		1.4318	301LN	4318	0.02	0.15	17	7	-	-	SUS 301L	-	STS 301L	-	17-7LN	711	H C	308L/MVR
		1.4372	201	4372	0.05	0.15	17	5	-	6.5Mn	SUS 201	1Cr17Mn6Ni5N	STS 201	-	17-5Mn		H C N R	307 or 309L
		1.4307	304L	4307	0.02	0.06	18.1	8.3	-	-	SUS 304L	00Cr19Ni10	STS 304L	03Ch18N11	18-8L	720	P H C N B R	308L/MVR
		1.4301	304	4301	0.04	0.05	18.1	8.3	-	-	SUS 304	0Cr18Ni9	STS 304	08Ch18N10	18-8	725	P H C N B R	308L/MVR
		1.4311	304LN	4311	0.02	0.14	18.2	8.7	-	-	SUS 304LN	00Cr18Ni10N	STS 304LN	-	18-8LN	721	P H C N B R	308L/MVR
		1.4541	321	4541	0.04	0.01	17.3	9.1	-	Ti	SUS 321	0Cr18Ni10Ti	STS 321	08Ch18N10T	18-10Ti	731	P H C N B R	308L/MVR
		1.4305	303	4305	0.05	0.06	17.3	8.2	-	S	SUS 303	Y1Cr18Ni9	-	12Ch18N10E	18-8S		B R	308L/MVR
		1.4306	304L	4306	0.02	0.04	18.2	10.1	-	-	SUS 304L	00Cr19Ni10	STS 304L	03Ch18N11	19-11L	720	P H C N B R	308L/MVR
		1.4303	305	4303	0.02	0.02	17.7	11.2	-	-	SUS 305J1	1Cr18Ni12	STS 305	06Ch18N11	18-12	735	H C N B R	308L/MVR
		1.4567	S30430	4567	0.01	0.02	17.7	9.7	-	3.3Cu	SUS XM7	0Cr18Ni9Cu3	-	-	18-8Cu		B R	308L/MVR
		1.4404	316L	4404	0.02	0.04	17.2	10.2	2.1	-	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2	STS 316L	03Ch17N14M2	17-10-2L	750	P H C N B R	316L/SKR
		1.4401	316	4401	0.02	0.04	17.2	10.2	2.1	-	SUS 316	0Cr17Ni12Mo2	STS 316	-	17-10-2	755	P H C N B R	316L/SKR
		1.4406	316LN	4406	0.02	0.14	17.2	10.3	2.1	-	SUS 316LN	00Cr17Ni12Mo2N	STS 316LN	-	17-10-2LN	751	P H C N B R	316L/SKR
		1.4571	316Ti	4571	0.04	0.01	16.8	10.9	2.1	Ti	SUS 316Ti	0Cr18Ni12Mo2Ti	STS 316Ti	08Ch17N13M2T	17-11-2Ti	761	P H C N B R	316L/SKR
		1.4432	316L	4432	0.02	0.05	16.9	10.7	2.6	-	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2	STS 316L	03Ch17N14M3	17-12-2.5L	752	P H C N B R	316L/SKR
		1.4436	316	4436	0.02	0.05	16.9	10.7	2.6	-	SUS 316	0Cr17Ni12Mo2	STS 316	-	17-12-2.5	757	P H C N B R	316L/SKR
		1.4435	316L	4435	0.02	0.06	17.3	12.6	2.6	-	SUS 316L	00Cr17Ni14Mo2	STS 316L	03Ch17N14M3	17-14-2.5L	752	P H C N B R	316L/SKR
		1.4429	S31653	4429	0.02	0.14	17.3	12.5	2.6	-	SUS 316LN	00Cr17Ni13Mo2N	STS 316LN	-	17-12-2.5LN		P	316L/SKR
		1.4438	317L	4438	0.02	0.07	18.2	13.7	3.1	-	SUS 317L	00Cr19Ni13Mo3	STS 317L	-	18-14-3L	770	P H C N B R	317L/SNR
		1.4439	317LMN	4439	0.02	0.14	17.8	12.7	4.1	-	-	-	-	-	17-14-4LN	772	P H C	SLR-NF
		1.4539	904L	904L	0.01	0.06	20	25	4.3	1.5Cu	-	-	STS 317J5L	-	904L	774	P H C N B R	904L or P12
		1.4547	S31254	254 SMO®	0.01	0.20	20	18	6.1	Cu	-	-	-	-	254SMO®		P H C N B R	P12 or P16
		1.4652	S32654	654 SMO®	0.01	0.50	24	22	7.3	3.5Mn, Cu	-	-	-	-	654SMO®		On request	P16
HEAT AND CREEP	Austenitic	1.4948	304H	4948	0.05	0.06	18.1	8.3	-	-	SUS 304	1Cr18Ni9	STS 304	08Ch18N10	18-8		P H C B R	308/308H
		1.4878	321H	4878	0.05	0.01	17.3	9.1	-	Ti	SUS F321H	1Cr18Ni9Ti	STS 321	08Ch18N10T	18-10Ti	731	P H C N B R	347/MVNb
		1.4818	S30415	153 MA™	0.05	0.15	18.5	9.5	-	1.3Si, Ce	-	-	-	-	153MA™		P C N B R	253MA
		1.4833	309S	4833	0.06	0.08	22.3	12.6	-	-	SUS 309	0Cr23Ni13	STS 309S	20Ch23N13	23-13	744	P H C N B R	309
		1.4828	-	4828	0.04	0.04	20	12	-	2Si	SUH 309	1Cr20Ni14Si2	-	08Ch20N14C2	20-12Si		C N B R	253MA
		1.4835	S30815	253 MA®	0.09	0.17	21	11	-	1.6Si, Ce	-	-	-	-	253MA®		P H C N B R	253MA
		1.4845	310S	4845	0.05	0.04	25	20	-	-	SUS 310S	0Cr25Ni20	STS 310S	10Ch23N18	25-20		P H C N B R	310
		1.4854	S35315	353 MA®	0.05	0.17	25	35	-	1.3Si, Ce	-	-	-	-	353MA®		P C	353MA

*also available as S31803